

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



Proyecto final de carrera

I.T. INDUSTRIAL : ELECTRONICA INDUSTRIAL

**SISTEMA DE ENERGIA HIBRIDA EOLICO-FOTOVOLTAICA
PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA**

AUTOR: ÁLVARO VARILLAS ALVAREZ

TUTORA: MARIA CONSUELO GOMEZ PULIDO

Leganés, a 28 de Octubre de 2015



ÍNDICE:

0. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

1. OBJETIVO DEL PFC.....	Pág 1
2. INTRODUCCIÓN.....	Pág 1
2.1 Origen y desarrollo de las e.renovables.....	Pág 2
2.2 Energías renovables en la actualidad.....	Pág 3
3. ENERGÍA SOLAR.....	Pág 8
3.1 Energía solar fotovoltaica	Pág 13
3.1.1 Células y módulos fotovoltaicos.....	Pág 15
3.1.1.1 Funcionamiento:.....	Pág 16
3.1.1.2 Parámetros de funcionamiento del módulo fv:...	Pág 19
3.1.1.3 Dispositivos de orientación de los módulos.....	Pág 21
3.1.2 Ventanas fotovoltaicas.....	Pág 23
4. ENERGÍA EÓLICA.....	Pág 29
4.1 Aerogenerador.....	Pág 32
5. ENERGÍA HÍBRIDA.....	Pág 35
5.1 El regulador de carga.	Pág 36
5.1.1 Parámetros eléctricos del regulador.....	Pág 37
5.2 El inversor	Pág 38
5.2.1 Parámetros eléctricos del inversor.....	Pág 38
5.3 Acumulador eléctrico..	Pág 39
5.3.1 Parámetros eléctricos del acumulador:.....	Pág 39
5.4 Forma de cálculo de la energía eólica.....	Pág 41
6. SISTEMAS AISLADOS DE RED.....	Pág 44
6.1 Normativa.....	Pág 47



7. Resultados y elementos escogidos.....	Pág 54
7.1 Sistema aerogenerador.....	Pág 54
7.2 Sistema fotovoltaico.....	Pág 57
7.3 Inversor.....	Pág 60
7.4 Regulador de Carga.....	Pág 60
7.5 Sistema de Acumulación.....	Pág 61
7.6 Sistema Híbrido, Justificación.....	Pág 62
8. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN.....	Pág 63
8.1 Introducción.....	Pág 63
8.2 Localización.....	Pág 63
8.3 Potencia y Consumo de la vivienda.....	Pág 65
8.4 Cálculo y análisis económico.....	Pág 68
8.4.1 Cálculos eólicos.....	Pág 68
8.4.1.1 Frecuencia y potencia eólica.....	Pág 69
8.4.2 Cálculos fotovoltaicos.	Pág 83
8.4.2.1 Parámetros del sistema fotovoltaico.....	Pág 94
8.4.3 Cálculos de regulador, inversor y acumulador.....	Pág 96
8.4.3.1 Cálculo del Inversor.....	Pág 96
8.4.3.2 Cálculo del Regulador de Carga.....	Pág 97
8.4.3.3 Cálculo del Acumulador Eléctrico.....	Pág 99
8.4.4 Presupuesto.....	Pág 101
9. CONCLUSIONES.....	Pág 104
10. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	Pág 105



ÍNDICE DE FIGURAS:

FIG 2.1 Imagen de la presa de las tres gargantas.....	Pág 4
FIG 2.2 Representación gráfico ciclo origen de la biomasa.....	Pág 5
FIG 3.1 Movimiento de rotación y traslación del planeta Tierra alrededor del Sol	Pág 9
FIG. 3.2 Radiación solar incidente en superficie terrestre.....	Pág 10
FIG 3.3. Irradiancia ideal en una superficie de la Tierra. Medida en Hora..... Pico Solares	Pág 11
FIG 3.4 Determinación posicional del sol para elegir ángulo óptimo sistema FV	Pág 12
FIG 3.5 Potencia fotovoltaica instalada en Europa en el año 2008.....	Pág 13
FIG 3.6 Irradiación en Europa entre el año 2004/ 2010.....	Pág 14
FIG 3.7 Tipos de células fv: Monocristalino, policristalino y amorfo.....	Pág 15
FIG 3.8 Generación de corriente en la célula.....	Pág 16
FIG 3.9 Circuito célula fv y gráfica de las corrientes de iluminación, de..... oscuridad y final de la célula.	Pág 16
FIG 3.10 Variación de la corriente en función de la irradiación y de la tensión.. en función de la temperatura.	Pág 17
FIG 3.11 Cubierta de un panel fotovoltaico.....	Pág 18
FIG 3.12 Esquema de composición de una plancha base.....	Pág 18
FIG 3.13 Corte vertical y vista frontal con partes del panel fotovoltaico.....	Pág 19
FIG 3.14 Punto de máx. potencia ($P_{m\acute{a}x}$) del módulo fv.....	Pág 19
FIG 3.15 Gráfica del factor de forma.....	Pág 20
FIG 3.16 Sistema de seguimiento de dos ejes.....	Pág 21
FIG 3.17 Sistema de seguimiento de un eje.....	Pág 22
FIG 3.18. Captación solar y estructura interna de vidrio fotovoltaico.....	Pág 23
FIG 3.19 Rango de espectro solar luminoso.....	Pág 24



FIG 3.20	Corte transversal ventanas de triple y doble laminado.....	Pág 24
FIG 3.21	Ventana fv policristalina.....	Pág 25
FIG 3.22	Estructura panel amorfo y aplicación en estadio de fútbol.....	Pág 26
FIG 3.23	Célula y vidrio fotovoltaico orgánico.....	Pág 27
FIG 3.24	Láminas de vidrio con tecnología Grätzel.....	Pág 27
FIG 3.25	Ventanas fotovoltaicas en fachada, fachada ventilada y lucernario...	Pág 28
FIG 3.26	Ventanas fotovoltaicas como muro cortina y cubierta.....	Pág 28
FIG 4.1.	Parte interna del aerogenerador donde se unen estator y rotor.....	Pág 29
FIG 4.2	Estator y rotor para la obtención de energía eléctrica.....	Pág 29
FIG 4.3	Molinos de viento en entorno marino.....	Pág 30
FIG 4.4	Instalación de potencia eólica mundial en los últimos 17 años.....	Pág 30
FIG 4.5	Mapa eólico de España con velocidades medias anuales.....	Pág 31
FIG 4.6	Partes del conjunto góndola, rotor, estator de un aerogenerador.....	Pág 32
FIG 4.7	Aerogeneradores de rotor Savonius y Darrieus.....	Pág 33
FIG 4.8	Aerogeneradores a Barlovento y Sotavento.....	Pág 34
FIG 5.1.	Sistema híbrido eólico-fotovoltaico con sus componentes.....	Pág 35
FIG 5.2.	Regulador de carga conexionado a batería.....	Pág 37
FIG 5.3	Partes Batería eléctrica.....	Pág 40
FIG 5.4	Tipos de conexionado de las baterías.....	Pág 40
FIG 6.1	Esquema eléctrico con opción de conexión a red o aislamiento.....	Pág 44
FIG 6.2	Ejemplos de sistema renovable aislado con acumulador.....	Pág 45
FIG 6.3	Ejemplo de sistema renovable aislado sin acumulador.....	Pág 45
FIG 6.4	Ciudades españolas donde más energía fotovoltaica se obtendría.....	Pág 46
FIG 6.5	Mapa con estimación de energía fv	Pág 46



FIG 6.6	Autonomías con mejor aprovechamiento eólico potencial.....	Pág 47
FIG 6.7	Origen consumo energético viviendas en España.....	Pág 47
FIG 7.1	Esquema sistema híbrido.....	Pág 54
FIG 7.2	Potencia aerogeneradores en función de su instalación.....	Pág 54
FIG 7.3	Características Aerogenerador Enair 30.	Pág 55
FIG 7.4	Timón de orientación y generador eléctrico del aerogenerador.....	Pág 56
FIG 7.5	Centro de control del aerogenerador para prevención del sistema..... acumulación	Pág 57
FIG 7.6	Esquema distanciamiento de la vivienda y del generador.....	Pág 57
FIG 7.7	Energía mensual instalación fotovoltaica (1800 W _P) y aerogenerador... para 62°.	Pág 58
FIG 7.8	Energía mensual instalación fotovoltaica (2250 W _P) y aerogenerador... para 62°.	Pág 58
FIG 7.9	Relación entre potencia máxima y tensión del sistema.....	Pág 59
FIG 7.10	Características cristal fotovoltaico y aplicación en vivienda.....	Pág 60
FIG 7.11	Características del Regulador de carga MPPT 150-70.....	Pág 61
FIG 7.12	Características del Acumulador Victron Energy 12V 220Ah.....	Pág 61
FIG 8.1	Mapa de radiación solar y eólico en España.....	Pág 63
FIG 8.2	Municipio de Tarifa visto desde satélite.....	Pág 64
FIG 8.3	Área detallada del contorno donde se situará la vivienda.....	Pág 64
FIG 8.4	Datos de latitud y longitud de la población de Tarifa.....	Pág 64
FIG 8.5	Frecuencias de dirección del viento en emplazamiento.....	Pág 64
FIG 8.6	Consumo energético requerido hora a hora en la vivienda.....	Pág 67
FIG 8.7	Potencia energética requerida hora a hora en la vivienda.....	Pág 67
FIG 8.8	Densidad de probabilidad de la velocidad del viento.....	Pág 81



FIG 8.9 Irradiacion Horiz (roja), Irradiación Opt. Anual (32°, azul), Irradiacion..... Opt. Mes (Morada)	Pág 84
FIG 8.10 Eje de coordenadas indicando dirección del sistema fotovoltaico.....	Pág 85
FIG 8.11 Características vidrio fotovoltaico Onyx Solar 055AB-16410989 con.... un 15% de transparencia.	Pág 85
FIG 8.12 Irradiación diaria (H) en vidrio fv mes a mes para distintas..... angulaciones(Wh/m ²).	Pág 87
FIG. 8.13 Energía mensual instalación fotovoltaica (1800 W _P) y aerogenerador.. para 62°	Pág 93
FIG. 8.14 Energía mensual instalación fotovoltaica (2250 W _P) y aerogenerador.. para 62°	Pág 93
FIG 8.15 Características del Inversor Atersa Tauro BC 5048/V.....	Pág 97
FIG 8.16 Características del Regulador de carga MPPT 150-70.....	Pág 98
FIG 8.17 Características del Acumulador Victron Energy 12V 220Ah.....	Pág 99
FIG 8.18 Coste metro cuadrado vidrio fotovoltaico.....	Pág 101



ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 7.1 Características Aerogenerador Enair 30.....	Pág 55
Tabla 7.2 Cálculo de energía conjunta de ambos sistemas y diversas angulaciones.....	Pág 59
Tabla 7.3 Características cristal fotovoltaico y aplicación en vivienda.....	Pág 60
Tabla 7.4 Características del Inversor Atersa Tauro BC 5048/V.....	Pág 60
Tabla 7.5 Características del Regulador de carga MPPT 150-70.....	Pág 61
Tabla 7.6 Características del Acumulador Victron Energy 12V 220Ah.....	Pág 61
Tabla. 8.1 Potencia y Consumo del sistema de iluminación.....	Pág 65
Tabla 8.2 Potencias nominales y consumo de los Aparatos eléctricos.....	Pág 66
Tabla 8.3 Relación entre potencia máxima y tensión del sistema.....	Pág 68
Tabla 8.4 Características Aerogenerador Enair 30.....	Pág 69
Tabla 8.5 Cálculo potencia total mes de Enero.....	Pág 69
Tabla 8.6 Cálculo potencia total mes de Febrero.....	Pág 70
Tabla 8.7 Cálculo potencia total mes de Marzo.....	Pág 71
Tabla 8.8 Cálculo potencia total mes de Abril.....	Pág 72
Tabla 8.9 Cálculo potencia total mes de Mayo.....	Pág 73
Tabla 8.10 Cálculo potencia total mes de Junio.....	Pág 74
Tabla 8.11 Cálculo potencia total mes de Julio.....	Pág 75
Tabla 8.12 Cálculo potencia total mes de Agosto.....	Pág 76
Tabla 8.13 Cálculo potencia total mes de Septiembre.....	Pág 77
Tabla 8.14 Cálculo potencia total mes de Octubre.....	Pág 78
Tabla 8.15 Cálculo potencia total mes de Noviembre.....	Pág 79
Tabla 8.16 Cálculo potencia total mes de Diciembre.....	Pág 80



Tabla 8.17	Potencia media diaria desarrollada por aerogenerador cada mes.....	Pág 81
Tabla 8.18	Energía media producida por el aerogenerador cada mes.....	Pág 82
Tabla 8.19	Irradiación en vidrios en posición horizontal, vertical, y..... áng. Óptimo (32°).	Pág 83
Tabla 8.20	Ángulos idóneos de Inclinação por mes para el cristal fotovoltaico....	Pág 85
Tabla 8.21	Características vidrio fotovoltaico Onyx Solar 055AB-16410989..... con un 15% de transparencia.	Pág 85
Tabla 8.22	Porcentaje de pérdidas en los Vidrios fv por efecto de las..... temperaturas de trabajo.	Pág 86
Tabla 8.23	Energía entregada por un Vidrio fv (225 Wp) para distintas..... angulaciones cada día	Pág 88
Tabla 8.24	Energía mínima diaria a obtener de los vidrios fotovoltaicos..... cada mes.	Pág 88
Tabla 8.25	Número de Vidrios fv mínimos para asegurar consumo energético...	Pág 89
Tabla 8.26	Energía entregada por 8 cristales fotovoltaicos (1800 W _P)..... para diferentes angulaciones.	Pág 90
Tabla 8.27	Energía entregada por 10 cristales fotovoltaicos (22500 W _P)..... para diferentes angulaciones.	Pág 90
Tabla 8.28	Estimación total de energía producida por el sistema híbrido con..... sistema fotovoltaico (8 vidrios, 1800 W _P).	Pág 91
Tabla 8.29	Estimación total de energía producida por el sistema híbrido con..... sistema fotovoltaico (10 vidrios, 2250 W _P).	Pág 92
Tabla 8.30	Estimación Horas Solares Pico diaria por mes.....	Pág 92
Tabla 8.31	Características del Inversor Atersa Tauro BC 5048/V.....	Pág 97
Tabla 8.32	Características del Regulador de carga MPPT 150-70.....	Pág 98
Tabla 8.33	Características del Acumulador Victron Energy 12V 220Ah.....	Pág 99



1. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio estimado sobre la viabilidad de instalar en una vivienda unifamiliar aislada de la red eléctrica, de un sistema autónomo eléctrico, mediante la combinación de dos montajes independientes pero complementarios entre sí. Un sistema de energía solar fotovoltaica y un sistema de energía eólica.

La vivienda estará situada en el pueblo de Tarifa (Cádiz), el punto más meridional de la geografía española, lugar apropiado meteorológicamente, para la realización de un estudio de estas características, debido a sus buenas condiciones tanto de radiación solar, como de circulación de vientos.

Se procura con el mismo, ofrecer una alternativa en el consumo de energía eléctrica a viviendas unifamiliares, permitiendo una autonomía energética aprovechando el potencial eólico y fotovoltaico que le facilite el entorno, con el propósito de suprimir el gasto económico cada vez mayor que conlleva estar conectado a la red eléctrica, y cumpliendo la normativa establecida.

2. INTRODUCCIÓN

La humanidad se ha transformado desde finales del siglo XVIII a una velocidad vertiginosa, dando lugar al mayor desarrollo de su historia. Tanto es así, que en estos últimos 200 años se ha desarrollado más, que en los millones de años de anterioridad.

El ser humano en sus inicios utilizaba el fuego como principal fuente de energía, y la usó durante siglos. Otra fuente de energía asociada a nuestro desarrollo ha sido el agua, el cuál era aprovechada para producir energía para la realización de un trabajo, como los antiguos molinos de agua o para transportar mercancías.

En la edad antigua algunos pueblos comenzaron a aprovechar la energía eólica para la navegación y siglos después, para fabricar molinos de viento, en su mayor parte, para producción agrícola y alimenticia.

Toda esta cantidad de fuentes de energía fueron utilizadas por el ser humano hasta finales del siglo XVIII sin apenas variación.

Pero es justo en este siglo cuando surge un invento que cambiará el desarrollo de la humanidad para siempre, con la invención de la máquina de vapor, la cuál utilizaba la fuerza calorífica del carbón, para calentar el agua, y con la presión que ésta alcanzaba, hacer funcionar máquinas con un rendimiento nunca imaginado, dando lugar al ferrocarril y a barcos que ya no necesitaban velas para navegar.

Ya en el Siglo XIX , éste comenzó a perder poco a poco su importancia a medida que los productos derivados del petróleo ganaban protagonismo, así como se conseguía controlar cada vez más la electricidad, dando lugar a la segunda revolución industrial entre finales del Siglo XIX y principios del XX, y que aún siguen manteniéndose como principales fuentes de energía, junto a otras como el gas natural o la energía nuclear.



Pero el gran desarrollo que han facilitado estas fuentes de energía, también han conllevado otras desventajas y perjuicios durante estos años, aparte de que son energías que con el paso de los años irán agotando sus reservas y cantidades en nuestro planeta, y sus aplicaciones dejarán de tener uso y aplicación.

La quema de combustibles fósiles implica la producción de gases contaminantes que son enviados a la atmósfera, empeorando la calidad del aire, más si cabe en zonas urbanas y habitadas por grandes cantidades de personas, perjudicando a la salud de los humanos, facilitando el auge de algunas enfermedades, sobre todo respiratorias.

Pero la principal causa de la quema de este tipo de productos, es la generación del efecto invernadero, a causa del dióxido de carbono surgido durante la combustión y que están generando poco a poco un calentamiento global, que en algún caso, según los expertos, podría llegar a ser irreversible si no se ataja, con el consiguiente perjuicio al medio ambiente, cosa que ya se está produciendo, con el deshielo de los polos como gran indicio.

Las máquinas que usan este tipo de combustibles, y que son la gran mayoría en la actualidad, no obtienen por la quema de éstos un gran rendimiento, por lo que para llegar a obtener una buena cantidad de trabajo se requiere de un gasto energético importante, con lo costoso que ello es en materia económica.

Ello dio lugar al planteamiento de empezar a plantear el uso de las energías renovables o “limpias”, como principales fuentes de energía eléctrica del futuro, y no sólo como una simple fuente de energía menor para la humanidad.

2.1 Origen y desarrollo de las energías renovables

“Es prácticamente imposible establecer una línea de tiempo exacta para cuándo se comenzó a notar que se podía aprovechar los recursos naturales e inagotables para un medio de locomoción, como una forma de calefacción para un hogar, o simplemente transformar la energía encontrada en el medio ambiente en un bien útil para el bienestar común.

Las aplicaciones más lejanas, como un antecedente histórico, se sitúan principalmente en el empleo de fuentes energéticas inagotables en el transporte, teniendo como principal ejemplo a la navegación a vela, que empleaba la energía eólica de una manera práctica y sencilla para impulsar los navíos.

La posterior aparición de los molinos de viento reforzaba este concepto, y con los molinos de agua se asentaban las primeras bases de la Energía Hídrica, sumado además a un rediseño de los edificios para aprovechar de la mayor manera posible la energía solar durante el día.

El progreso de las mismas se vio principalmente dejada de lado por el fenómeno de la Revolución Industrial, la mayor utilización de combustibles fósiles y las mejoras aplicadas a los motores térmicos, que en sus primeros años contaban con una fuente inagotable de recursos.



Pero estos recursos fueron disminuyendo cada vez más, y fue así que a mediados de los años '70 se comenzó a enfatizar el concepto de Energía Renovable, como una alternativa a las fuentes energéticas utilizadas, y con el estudio que indicaba un futuro agotamiento de los recursos petrolíferos.

Fue en estos años que se marcó un punto de inflexión en aquellas energías que significaban un impacto ambiental, de aquellas que eran denominadas como energías limpias, por su baja o nula condición contaminante, aunque en un principio eran llamadas "energías alternativas" (por encontrarse en baja producción y en un precario desarrollo).

Gracias al avance tecnológico es que hoy día no se trate de una alternativa, sino que las energías renovables son un proyecto viable, que brinda un presente productivo, y que apunta a un mejor futuro, con una fuente inagotable de recursos."

Cita extraída de www.erenovable.com.

2.2 Energías renovables en la actualidad

Energía hidroeléctrica

A día de hoy, la energía hidroeléctrica es la fuente de energía renovable que más aplicación tiene en el mundo, con una potencia instalada de más de 1.000 GigaWattios, que es más del 17% de la producción mundial de electricidad.

Además, por sí misma, representa más del 60% de la producción mundial de energías renovables.

Para aprovechar la cantidad de energía que puede obtenerse del agua, se lleva a cabo la construcción de embalses en ríos y la canalización de ese agua presa abajo, con el fin de poner en marcha una serie de turbinas.

La presa de mayor potencia eléctrica de producción eléctrica se encuentra en China, siendo también una de las de mayor capacidad del mundo, la presa de las Tres Gargantas, con una altura de más de 180 metros de altura y una potencia de generación de 22500 MW. Tiene más de 2 kilómetros de ancho, y tardó en construirse en 8 años.

Brasil, Venezuela, Estados Unidos, Canadá y Rusia son otros de los países que cuentan con algunos de los embalses de mayor generación de potencia del mundo.

A pesar de las innumerables ventajas que aportan en materia energética, es frecuente que la construcción de estas grandes infraestructuras implique un impacto fuerte ya sea en materia medioambiental, perjudicando el curso normal de los ríos, y con ello de las especies que en ellas habitan, reduciendo en muchos casos el caudal de las aguas, o un impacto demográfico, provocando la desaparición de poblaciones que quedan sumergidas entre las aguas al ser construidas, obligando a sus habitantes a un éxodo dejando atrás su anterior vida.



Figura 2.1. Imagen de la presa de las tres gargantas.

Biomasa:

“La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y deshechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica..”

Cita extraída de biomasa.net

Desde el punto de vista energético, la biomasa surge como la materia orgánica que ha surgido a partir de un proceso biológico. Estos recursos de biomasa pueden agruparse de forma general en zonas de carácter agrícola y forestal, aunque también pueden ser considerados biomasa las como aguas residuales, o residuos provenientes de industrias. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora.

La biomasa mediante estos procesos transforma la energía solar en forma de carbono. La biomasa es la energía que dar lugar a los biocombustibles de origen vegetal, pero que poseen el inconveniente de en muchos casos cultivar productos comestibles, favoreciendo la subida de los precios en esta materia

La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono.



Es la cuarta fuente de energía renovable más importante tras la eólica, solar e hidráulica. La potencia instalada para producir biomasa en el mundo 83 GW..

“La biomasa moderna, especialmente los biocombustibles y los gránulos de madera, se utilizan cada vez más para la calefacción y la generación de energía, junto con las fuentes tradicionales de biomasa, tales como los subproductos agrícolas. Los Estados Unidos, Brasil, China, Alemania y Suecia son actualmente los mayores generadores de bioenergía. La Planta GDF SUEZ de 205 MW, situada en Polaniec, Polonia, e inaugurada en junio de 2013, es la mayor instalación de biomasa del mundo, mientras que la Planta Vaskiluodon Voima de 140 MW situada en Finlandia y puesta en marcha durante el 2013, es la planta de biogas más grande del mundo.”

Cita extraída de fierasde laingenieria.com

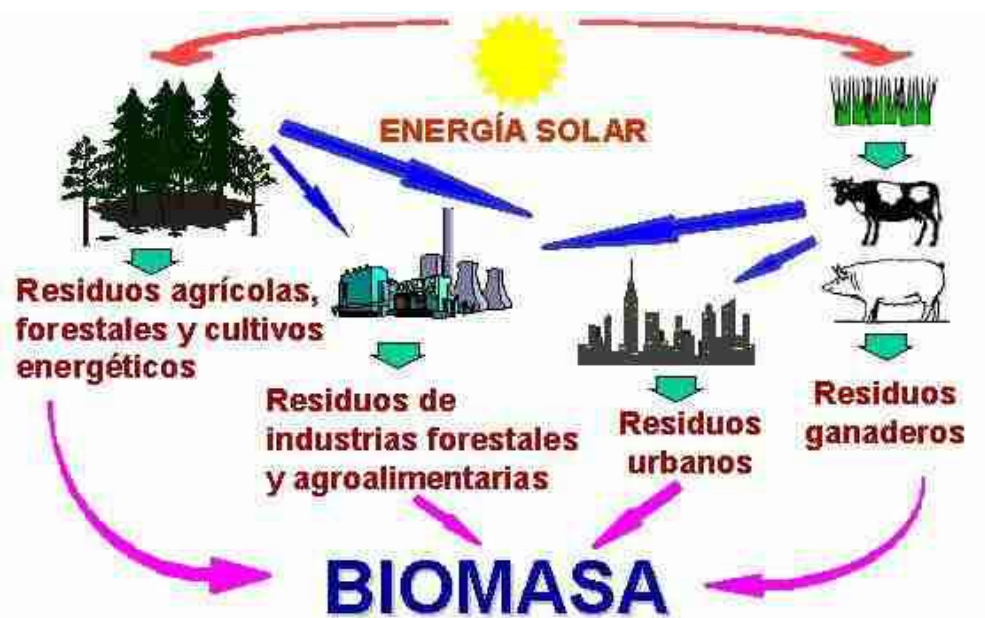


Fig 2.2 Representación gráfico ciclo origen de la biomasa.

Geotérmica:

“La energía geotérmica es una energía renovable que aprovecha el calor del subsuelo para climatizar y obtener agua caliente sanitaria de forma ecológica. Aunque es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas, sus efectos son espectaculares de admirar en la naturaleza. Seguro que todos podemos recordar imágenes del volcán Etna en Sicilia en plena erupción, hemos probado alguna vez los efectos relajantes de las aguas termales o bien admirado fumarolas y géiseres, como los del parque de Timanfaya en Lanzarote, por ejemplo.



Se trata de una energía considerada limpia, renovable y altamente eficiente, aplicable tanto en grandes edificios -hospitales, fábricas, oficinas, etc.-, en viviendas e incluso en inmuebles ya construidos.

Suecia fue el primer país europeo en utilizar la energía geotérmica, como consecuencia de la crisis del petróleo de 1979. En otros países como Finlandia, Estados Unidos, Japón, Alemania, Holanda y Francia la geotermia es una energía muy conocida e implantada desde hace décadas.

Las aplicaciones de la geotermia dependen de las características de cada fuente. Los recursos geotérmicos de alta temperatura (superiores a los 100-150°C) se aprovechan principalmente para la producción de electricidad. Cuando la temperatura del yacimiento no es suficiente para producir energía eléctrica, sus principales aplicaciones son térmicas en los sectores industrial, servicios y residencial.

Así, en el caso de temperaturas por debajo de los 100°C puede hacerse un aprovechamiento directo o a través de bomba de calor geotérmica (calefacción y refrigeración). Por último, cuando se trata de recursos de temperaturas muy bajas (por debajo de los 25°C), las posibilidades de uso están en la climatización y obtención de agua caliente.

Estos niveles de temperatura los tenemos pocos metros debajo de nuestros pies: en España, a 10 metros de profundidad, tenemos unos 17 grados centígrados todo el año debido a la inercia térmica del suelo.

Pero ¿cómo funciona? Ese calor contenido en el subsuelo es empleado mediante el uso de Bombas de Calor Geotérmicas para caldear en invierno, refrigerar en verano y suministrar agua caliente sanitaria. Por tanto, cede o extrae calor de la tierra, según queramos obtener refrigeración o calefacción, a través de un conjunto de colectores (paneles) enterrados en el subsuelo por los que circula una solución de agua con glicol.”

Cita extraída de twenergy.com.

La potencia instalada de producción de energía geotérmica es de 12 GW en 2014, siendo la quinta fuente de energía con mayor potencia de instalación.

Mareomotriz:

“La energía mareomotriz se debe a las fuerzas de atracción gravitatoria entre la Luna, la Tierra y el Sol. La diferencia de alturas de los mares puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. Es un tipo de energía renovable limpia.



La relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

El lugar ideal para instalar un central mareomotriz es un estuario, una bahía o una ría donde el agua de mar penetre. La construcción de una central mareomotriz es sólo posible en lugares con una diferencia de al menos 5 metros entre la marea alta y la baja.

Otras formas de extraer energía del mar son: las olas, la energía undimotriz; de la diferencia de temperatura entre la superficie y las aguas profundas del océano, el gradiente térmico oceánico.”

Cita extraída de proyectopv.org

Estas fuentes de energía son las alternativas del presente y el futuro a los derivados del petróleo y fuentes de energía no renovables. Son muy importantes y necesarias porque ayudan en la reducción de los gases contaminantes, ampliar el espectro del suministro energético y reducir la dependencia respecto de organismos que gestionan la venta de los combustibles fósiles.

La Unión Europea es líder en desarrollo de las energías renovables. En su territorio está cerca del 50% de las patentes en este tipo de energías, y de la producción mundial de electricidad renovable. Más de 1,3 millones de personas en la UE, trabajan directa o indirectamente en el sector de las energías renovables. Actualmente se está debatiendo el nuevo marco de actuación sobre el porcentaje de energía que deberán producir las renovables en la UE a partir de 2020.

A continuación se exponen algunas ventajas e inconveniente de las energías renovables.

Ventajas: No se agotan ni contaminan, mínimo coste de la materia prima, disponible durante todo el año y en todos los climas.

Inconvenientes: Impacto visual en el paisaje, Traslado de energía aún muy costoso, efectos sobre flora y fauna.



3. ENERGÍA SOLAR

El Sol es una estrella, la cual emite luz, ya que sólo las estrellas la emiten, es la más próxima a la Tierra y da origen al Sistema Solar. Del Sol es de donde proviene la gran parte de energía que hay sobre la Tierra, y está presente en forma de luz y de calor, a través de los rayos, que se manifiesta, sobre todo, en forma de luz y calor.

El Sol contiene más del 99% de toda la materia del Sistema Solar con un radio de casi 700.000 km y con una temperatura media en su superficie de 6000°C. Debido a su gran masa ejerce una fuerte fuerza de atracción sobre los planetas, provocando que éstos giren a su alrededor.

Su origen data de hace unos 4.700 millones de años y todavía se estima que puede perdurar unos 5.000 millones más. Conociendo sólo en superficie estos datos resulta evidente, que utilizando de forma adecuada la energía que nos proporciona, resulta cada vez más comprensible el utilizarlo como fuente de energía.

El aprovechamiento del Sol como fuente de energía no se da hasta el siglo XVIII, cuando se datan los primeros sistemas que usaban energía solar.

Eran pequeños experimentos con grandes lupas y espejos, con los que se proyectaban los rayos de luz para producir energía o fundir materiales metálicos.

A finales del siglo XIX y primeros del XX, fue el momento en que puede decirse como el origen de la actual energía solar, cuando científicos como N. Tesla o A. Einstein descubrieron el efecto fotoeléctrico, que es la base de estos sistemas.

La energía solar empezó a surgir con fuerza y con miras al futuro en los años 70, debido a la crisis del petróleo.

La luz solar que llega a la Tierra es en forma de radiación cuyo valor dependerá de varios factores como:

1. La traslación de la Tierra, la cuál, dependiendo de la época del año será más cercana al sol (Enero) o más lejana (Julio).
2. El momento del día.
3. La situación atmosférica del Sol
4. Zona de la Tierra donde incidan.
5. Mayor o menor inclinación de nuestro planeta respecto al Sol.

Rotación y traslación

Nuestro planeta está en continuo movimiento en el espacio. Estos movimientos son los causantes del cambio diario entre la noche y el día y de las diferentes estaciones que hay durante el año, lo cuál incidirá en las diferencias de irradiación recibidas en los distintos puntos de la Tierra. La Tierra los realiza a la par.

Rotación. La Tierra gira sobre sí misma alrededor de un eje de rotación imaginario de 23° de inclinación que atraviesa el planeta desde el polo norte hasta el polo sur. Eso provoca las diferencias notorias en las estaciones entre el hemisferio norte y sur, y la distinta duración a lo largo del año del día y la noche. En 24 horas consigue dar la vuelta completa.

Traslación. Es el movimiento de desplazamiento elíptico del planeta alrededor del Sol. Por este motivo durante el año se produce un momento en que la Tierra está muy cerca del sol (Enero) y otro en que está más alejado de lo normal (Julio), dando lugar al solsticio de verano y de invierno, con los días más largos y más cortos respectivamente. Tarda 365 días y 6 horas en completar la órbita.



FIG 3.1 Movimiento de rotación y traslación del planeta Tierra alrededor del Sol.

Radiación

La radiación solar (energía transmitida por el Sol), es la causa de muchos de los fenómenos meteorológicos de nuestro planeta.

La radiación es un proceso físico, a través del que se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas, a una velocidad de 300.000 km/s, que llega a La Tierra en 8 minutos..

Esta radiación está formada por los rayos ultravioleta, caloríferos (infrarrojos), y los luminosos, y entre ellos difieren en su diferente longitud de onda.

La energía calorífica de la radiación solar, es constante en el tiempo, es llamada constante solar y según la NASA tiene un valor de 1353 W/m².

La energía solar que alcanza la superficie terrestre se divide en tres:

- La radiación directa es la que incide directamente desde el sol.
- La radiación difusa es la que proviene por la dispersión provocada por la atmósfera en parte de la radiación solar. Esta energía es de aproximadamente un 15% de la radiación total en días de sol, pero en días cubiertos, sin apenas radiación directa, la radiación difusa es de un porcentaje mucho mayor. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa acogen, al encontrarse perpendicular a la semiesfera celeste.
- La radiación reflejada (albedo) es la radiación que al tocar la superficie terrestre no es captada, sino rebotada en otra dirección. Las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.
-

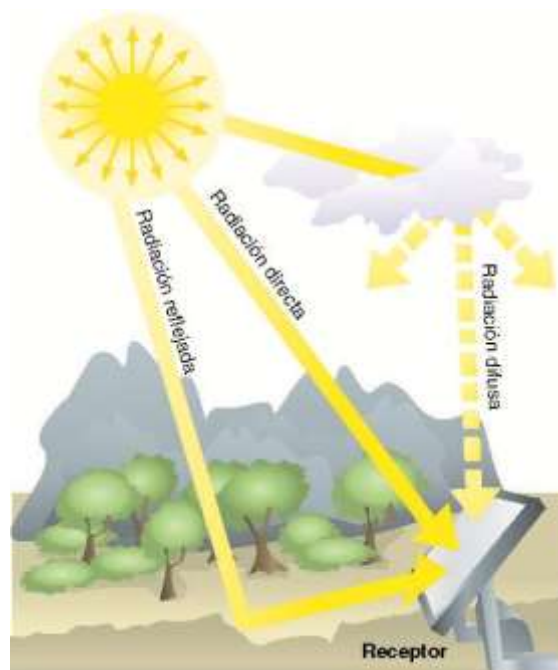


FIG. 3.2 Radiación solar incidente en superficie terrestre.

La radiación percibida por una superficie dependerán de la forma de la superficie en esa zona y de su inclinación, movimientos de la Tierra, condiciones meteorológicas, si hubiera elementos reflectantes o superficies reflectantes, más habitual en invierno con la nieve.

Por el contrario, la irradiación es la cantidad de energía proveniente del sol en un período de tiempo sobre en una superficie horizontal (en este proyecto, se ha hecho en un intervalo de mes a mes, y su unidad de medida es (KWh/ m²)). La irradiación ideal en una superficie de la tierra, es de 1000 W/m², y el período en que se mide una ideal irradiancia solar constante de 1000 W/m² es conocido como el tiempo en horas y su unidad de medida son las horas solares pico.



FIG 3.3. Irradiancia ideal en una superficie de la Tierra. Medida en Hora Pico Solares.

Trayectoria solar. Determinación de Ángulo Óptimo

*“A la hora de estudiar la inclinación más adecuada con la que se debe orientar los generadores fotovoltaicos, es necesario precisar la posición del Sol en cada instante para optimizar su rendimiento. El sistema más apropiado para definir cada una de estas posiciones es la de **coordenadas polares**. En este sistema el origen está situado en la posición del receptor. El plano fundamental es el horizontal, tangente a la superficie terrestre. La perpendicular a este plano en dirección a la semiesfera celeste superior define la posición del **ZENIT del lugar o zenit local**. En la dirección opuesta, a través de la Tierra, se sitúa el **NADIR**. Las direcciones principales sobre el plano horizontal son la Norte-Sur, intersección con el plano meridiano del lugar, y la perpendicular a ella Este-Oeste, intersección con el plano denominado primer vertical. Respecto al sistema anteriormente descrito, la posición del Sol se define mediante los siguientes parámetros:*

- **LATITUD DEL LUGAR (I)**: Es la complementaria del ángulo formado por la recta que une el zenit y el nadir con el eje polar. Es positivo hacia el Norte y negativo hacia el Sur.

- **MERIDIANO DEL LUGAR**: Circulo máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el zenit y por el nadir.

- **DISTANCIA ZENITAL (q_{zs})**: Es el ángulo formado por el radio vector punto-Tierra y la vertical del lugar. Es positivo a partir del zenit.

- **ALTURA SOLAR (g_s)**: Ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal. Ángulo complementario de la distancia zenital.

- **ÁNGULO ACIMUTAL (γ_s)**: Ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur. Positivo 0° a 180° hacia el Oeste y negativo hacia el Este 0° a -180° .

- **HORIZONTE**: Lugar geométrico de los puntos con altura 0. - ángulo acimutal (ψ_s): Ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur y es positivo de 0° a 180° hacia el Oeste y negativo hacia el Este de 0° a -180° .

La posición óptima se obtiene cuando la superficie está orientada hacia el ecuador, con ángulo de inclinación a la latitud del lugar. La orientación hacia al ecuador maximiza la radiación solar captada recibida durante el día. La inclinación igual a la latitud hace que sean mínimas, durante el año las variaciones de energía solar captadas debidas a la oscilación de la dirección de rayos solares respecto a la perpendicular a la superficie recorrida.”

Cita extraída de <https://www.ujaen.es>

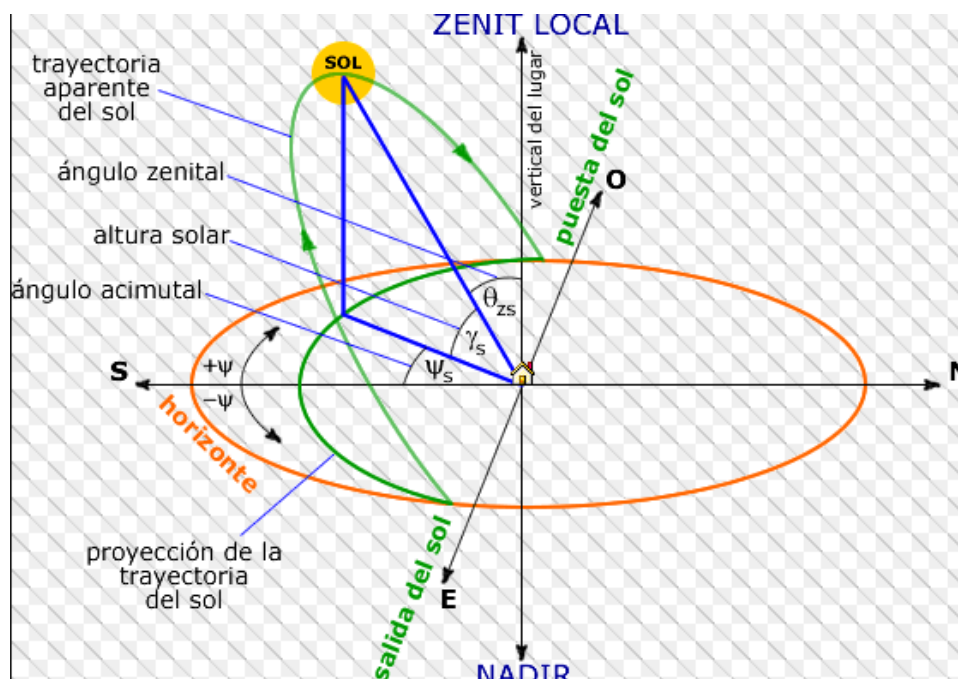


FIG 3.4 Determinación posicional del sol para elegir ángulo óptimo sistema FV.



En la actualidad la energía solar está dividida en dos grandes grupos, la térmica y la fotovoltaica, que es de la que vamos a tratar.

La energía solar térmica emplea paneles solares, conocidos como colectores, los cuáles están formados por un vidrio dirigido orientado hacia el sol, y una caja sellada, donde internamente se encuentra una placa metálica y unos conductos por los que circula un fluido caloportador. Se produce un efecto invernadero, calentándose el fluido en el colector, que al circular, traspasará ese calor al acumulador de agua. La energía solar térmica tiene principalmente un uso para el agua caliente sanitaria.

3.1 Energía solar fotovoltaica:

La potencia mundial instalada de energía solar se encuentra por encima de los 178 GW, lo que la convierte en la tercera fuente de energía renovable más utilizada del planeta, dominada por la tecnología fotovoltaica principalmente, y con visos de seguir creciendo a un ritmo bastante fuerte durante los próximos años..

Los países que más fuerte están apostando en los últimos años son China y Japón, pero además en Europa por primera vez, genera más energía que la nuclear.

Alemania, Italia, China, los Estados Unidos y Japón, poseen la mayor capacidad de energía solar fotovoltaica en el mundo, mientras que España tiene una potencia instalada de más de 4672 MW de la capacidad mundial en energía solar concentrada, es decir, el 12% de lo que tiene Alemania, cuando en 2008 fue el primer país de Europa, gracias a una legislación muy favorable, ver **FIG 3.5**.

La mayor instalación de fotovoltaica, con una potencia de 354 MW, está situada en el desierto de Mojave en California, en Estados Unidos, pero que en poco tiempo será ampliada para albergar cerca del doble de potencia fotovoltaica.

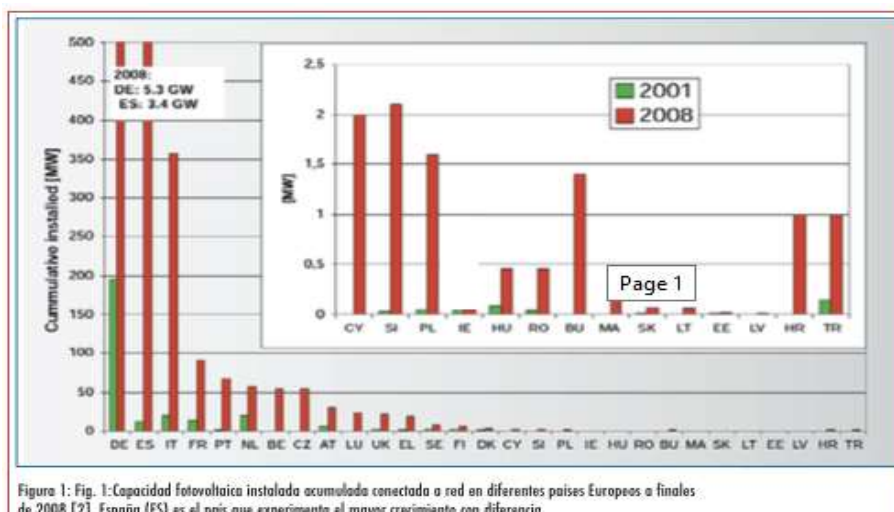


FIG 3.5 Potencia fotovoltaica instalada en Europa en el año 2008.

España es el país de Europa que mayor irradiación recibe al año (ver **FIG 3.6**), por delante de Grecia e Italia.

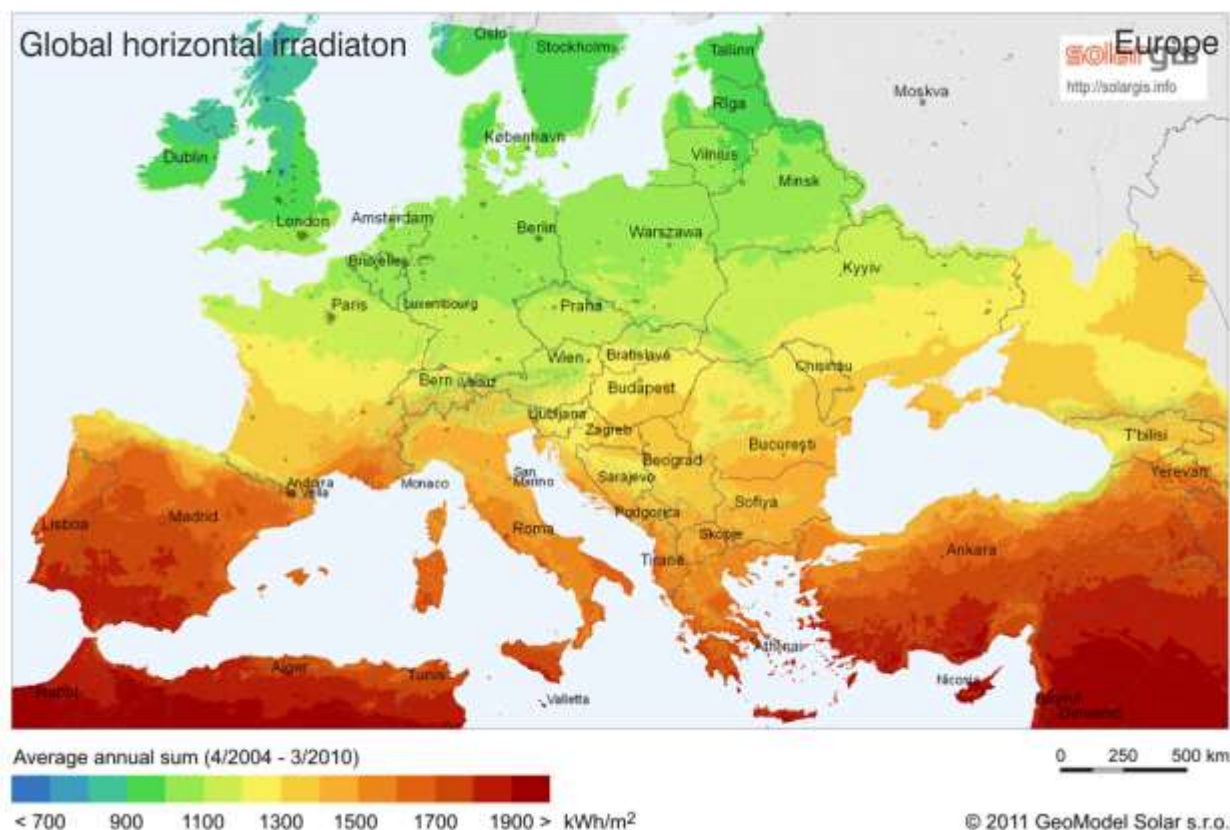


FIG 3.6 Irradiación en Europa entre el año 2004 y 2010.

La energía fotovoltaica es la transformación de la radiación solar en electricidad. Ello se produce mediante el efecto fotovoltaico, que tiene lugar al incidir los rayos solares en las células fotovoltaicas de los módulos fotovoltaicos.

En estos módulos fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un material semiconductor provocando una variación pequeña de potencial, pero la presencia de una cantidad numerosa de estas células, junto con una conexión eléctrica en serie, permite obtener unos valores de tensión mayores, que conectándolos a otros módulos fotovoltaicos permitirán poder obtener grandes cantidades de energía para alimentar un sistema eléctrico.

Fue en la década de 1950, en plena carrera espacial entre EEUU y la URSS, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron desarrollarse notoriamente, y se han establecido como uno de los grandes sistemas de generación de energía del presente y del futuro.

Si por algo destaca esta tecnología es por su poder de diversificación a la hora de poder hacer grandes como pequeñas instalaciones. Es una de las grandes soluciones a los problemas de abastecimiento eléctrico en zonas rurales aisladas o en zonas de abrupta orografía.

Los paneles solares, a través de sus células fotovoltaicas, han sido los elementos gracias a los cuáles durante estas últimas décadas se ha podido aprovechar a crear energía eléctrica limpia, renovable y con el paso del tiempo, más barata.

3.1.1 Células y módulos fotovoltaicos

Las células fotovoltaicas han sido están fabricadas en materiales semiconductores y son las responsables de generar energía eléctrica a partir de la radiación solar, lo cual es conocido como efecto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas son de silicio. El silicio es un mineral muy abundante, pero que se encuentra asociado junto a otros elementos en la naturaleza y su fabricación, que tiene que ser en un ambiente muy limpio, es económicamente costosa.

Una célula fotovoltaica se construye con dos tipos de silicio, que al ser alcanzados por la radiación solar, producen una diferencia de potencial entre ellos, que al estar conectados en un circuito eléctrico, por ellos circulará una intensidad.

Un conjunto de células fotovoltaicas que se conectan entre sí forman un módulo, estando encapsulados en vidrio. Las células en un módulo estarán conectados en serie o en paralelo para producir el voltaje requerido por el sistema.

Tipos de Células FV:

Se distinguen los tres principales tipos de células fotovoltaicas, siendo las dos primeras las de uso más común:

- **Células monocristalinas**, formadas por un solo cristal de silicio cuya red cristalina es idéntica en todo el cristal, cortándose posteriormente en delgadas capas que dan lugar a las células. Estos son los más eficientes, pero los más caros de producir. Su eficacia ronda entre el 15 y 18%. La temperatura tiene una fuerte influencia en su potencia entregada.
- **Policristalino (o policristalino)** las células surgen como consecuencia de la reducción de un bloque de silicio, que al enfriarse forman varios cristales unidos entre sí. Son menos eficiente y menos costosos de producir. Su eficacia ronda entre el 12 y 14 %.
- **Células amorfas**, se fabrican colocando una capa de silicio amorfo sobre silicio cristalino, uniéndose entre sí. Son los menos eficientes y menos caros de fabricar. Son flexibles y la temperatura ejerce menos influencia en su rendimiento. Eficacia menor al 10%.
- **Menos conocidas**, las células fv de telurio de cadmio o cobre y arseniuro de Galio, son muy fáciles de fabricar, pero su rendimiento no supera el 10 %, aunque se prevé que en el futuro este rendimiento se mejore y sea más próximo al de las células de silicio.



FIG 3.7 Tipos de células fv: Monocristalino, policristalino y amorfo. Fabricación de células.

3.1.1.1 Funcionamiento:

La célula solar fv estará formada por la unión de dos materiales semiconductores, uno de tipo N y otro de tipo P, haciendo una unión tipo P-N o también llamada unión diodo. Al recibir la radiación solar, se produce un campo eléctrico que genera corriente desde la zona N, donde están los electrones libres, hasta la zona P, donde los electrones llenarán los huecos de la zona P entregando energía, al haber una diferencia de potencial en extremos de la carga. Este hecho es conocido como efecto fotovoltaico, como podemos ver en la **FIG 3.8**, que fue descubierto por el físico francés Becquerel en 1839.

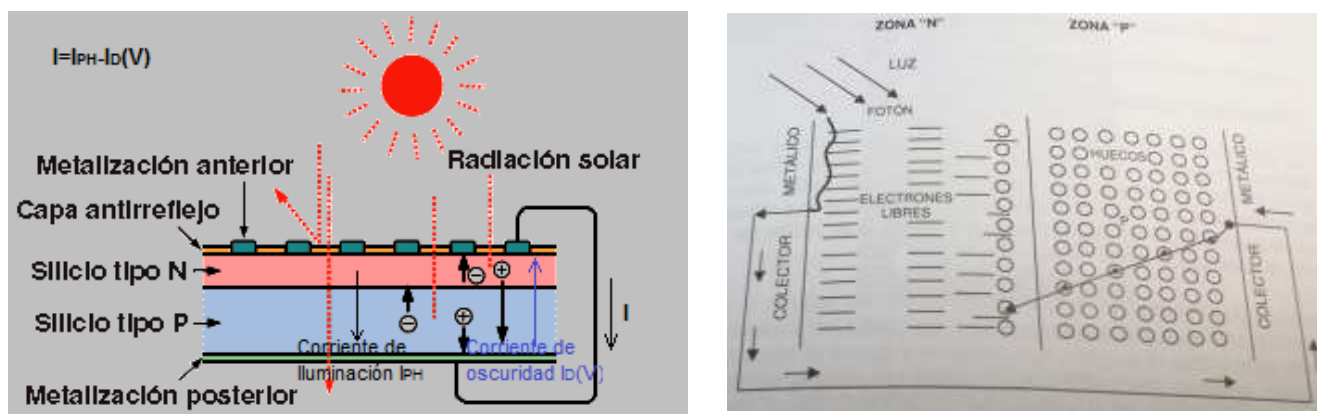


FIG 3.8 Generación de corriente en la célula.

La corriente entregada a una carga por una célula solar es el resultado neto de dos componentes internas de corriente que se oponen. Estas son:

- “Corriente de iluminación (I_D [V]): debida a la generación de portadores que produce la Iluminación”.
- “Corriente de oscuridad (I_{PH} [V]): debida a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga”.

Cita extraída de www.ujaen.es

Desde el punto de vista eléctrico, la interpretación de como obtiene la célula la energía, como la organiza y como la distribuye, se realiza tal y como se muestra en la **FIG 3.9**.

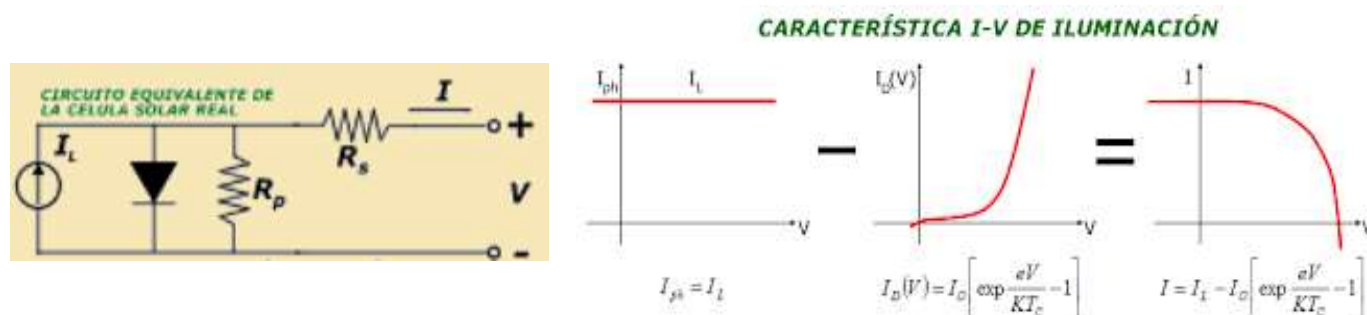


FIG 3.9 Circuito célula fv y gráfica de las corrientes de iluminación, de oscuridad y final de la célula.

Parámetros de funcionamiento de la célula

- Para que la célula entre en funcionamiento debe haber una irradiación que la incida.
- Cuando la célula trabaja a máxima potencia, sólo existe un voltaje y corriente específica para esa potencia.
- La corriente que recorre una célula si sus extremos están cortocircuitados es directamente proporcional a la irradiación recibida.
- En el momento en que la célula está conectada a alguna carga de consumo, los valores de tensión y corriente están supeditados a las características eléctricas de la carga y de la célula si no se dan casos excepcionales como cortocircuito o circuito abierto.
- El trabajo que proporcione la célula dependerá de las condiciones de irradiación (la corriente de cortocircuito será directamente proporcional a la irradiación) y la temperatura ambiente (la tensión de circuito abierto, que varía en sentido contrario a la temperatura,), como mostramos en la **FIG 3.10**

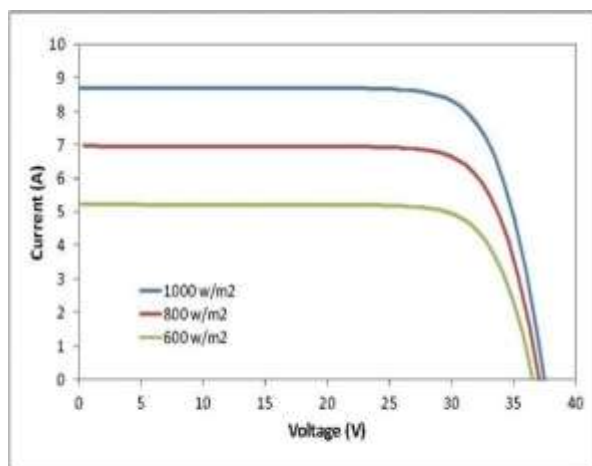


Figura Fa. Curvas I-V para distintos valores de la irradiación solar
Temperatura constante de la célula (25° C)

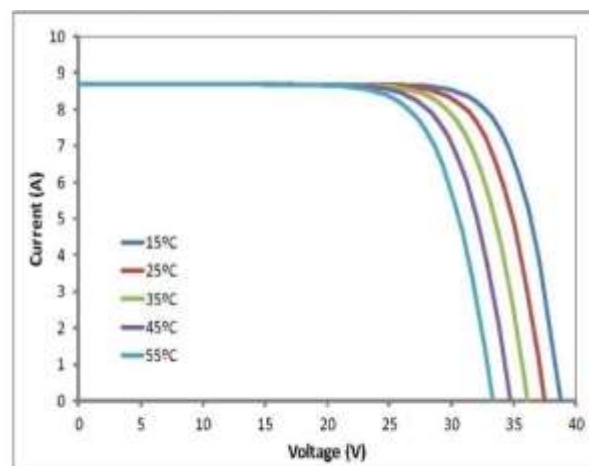


Figura Fb. Curvas I-V para distintas temperatura de la célula
Valor de irradiación solar constante (1000 W/m²)

FIG 3.10 Variación de la corriente en función de la irradiación y de la tensión en función de la temperatura.

Módulos fotovoltaicos:

Los módulos o paneles fotovoltaicos son el conjunto de bloques que dan forma a una instalación fotovoltaica, y los responsables de entregar la energía eléctrica generada en las células, a los distintos aparatos que darán forma a la electricidad para que pueda ser utilizada con un fin determinado.

A continuación conoceremos las distintas partes que componen un módulo fotovoltaico, así como el modo de funcionamiento eléctrico de los mismos.

Componentes panel solar fotovoltaico:

- **Cubierta:** La cubierta del panel es vidrio templado y anti reflectante, lo cuál permite que más del 90% de la luz lo atraviere, reduciendo el reflejo significativamente para poder hacer una conversión de potencia mayor. La cubierta es resistente a la abrasión y puede soportar impactos de naturaleza antibalas.

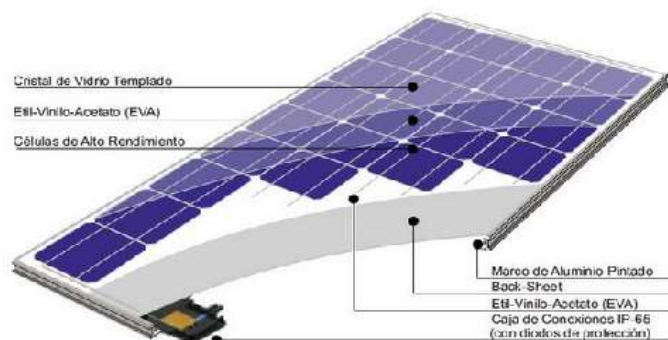


FIG 3.11 Cubierta de un panel fotovoltaico.

- **Marco:** Conjunto de piezas que sujetan la cubierta. Suele ser de aluminio o acero inoxidable para dar rigidez y estanqueidad al panel, contienen elementos de sujeción a la estructura exterior que soportaran el panel y son los responsables de sujetar en él todos los componentes de éste. La zona de unión entre el marco metálico y los elementos del módulo está fabricada con elementos resistentes a las condiciones de trabajo del panel.

- **Plancha base:** Es una estructura con forma de caja, en la cuál se depositan las células fv, las cuáles son adheridas con silicona para evitar cualquier agente externo.

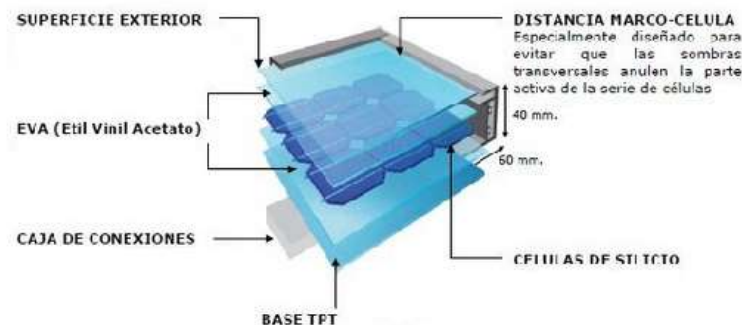


FIG 3.12 Esquema de composición de una plancha base.

- **Células solares:** Son las responsables de la conversión de la energía de la radiación solar en energía eléctrica. Están asociadas en serie-paralelo, y generan electricidad a partir del efecto fotovoltaico. Tienen forma cuadrada o rectangular y son frágiles ante cualquier golpe.

- **Encapsulante:** Material en el que se encontrarán las células y que debe presentar una buena transmisión de los rayos solares y no por ello degradarse.

- **Salida línea a tierra:** Para prevenir al sistema ante cualquier adversidad atmosférica o por derivaciones eléctricas.

- **Caja de terminales:** Caja situada en la parte posterior del panel y a través de la cuál se transmitirá la electricidad generada al resto de la instalación eléctrica, a través del cableado y las bornas de conexión.

- **Diodos de protección:** Elementos que protegen a las células fv de un cambio de la polaridad de la corriente, con el fin de que estos no se dañen. La característica principal de los diodos semiconductores es que conducen la electricidad solo en un sentido

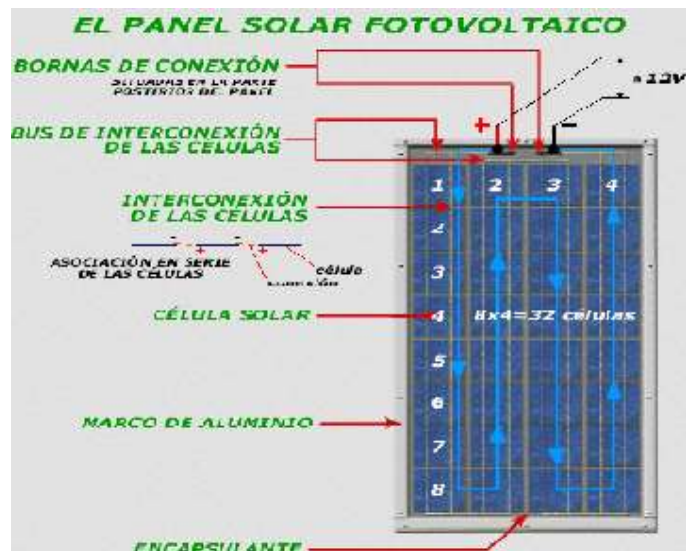
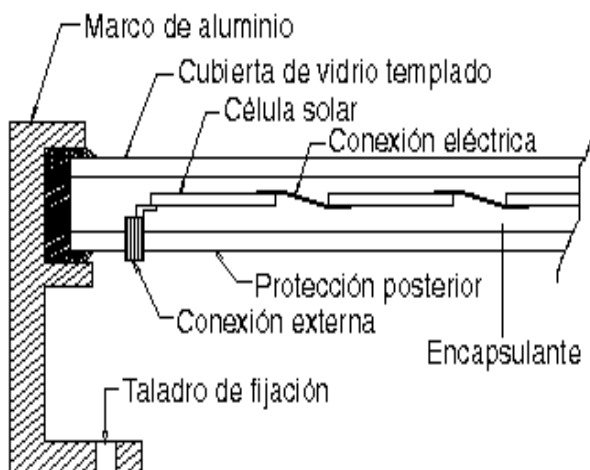


FIG 3.13 Corte vertical y vista frontal con partes del panel fotovoltaico.

3.1.1.2 Parámetros de funcionamiento del módulo fv:

Un módulo FV está formado por conjuntos de células asociadas en serie-paralelo y su comportamiento eléctrico es reflejado en la **FIG 3.14**. Para describir las características eléctricas de un módulo y/o una célula fv (aunque ésta última con valores mucho más bajos), se realiza una gráfica describiendo el funcionamiento eléctrico de éste, la gráfica característica I-V.

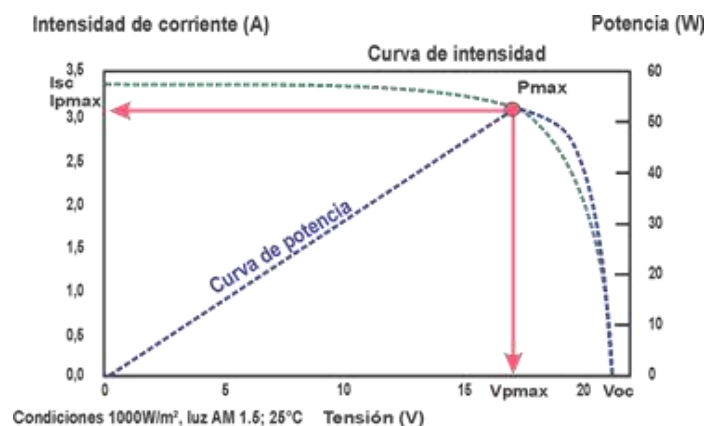


FIG 3.14 Punto de máx. potencia ($P_{m\acute{a}x}$) del módulo fv

A partir de esta gráfica pueden conocerse los siguientes parámetros:

- **Potencia máxima.** Valor de potencia para el cuál la corriente y la tensión dan la máxima potencia. Estos valores de corriente y tensión serán definidos como corriente y tensión nominal.

$$P_{\text{Max}} = I_n \cdot V_n$$

- **Corriente a máxima potencia, I_n :** Intensidad que entrega el módulo fotovoltaico en el punto de máxima potencia
- **Tensión a máxima potencia, V_n :** Tensión que entrega el módulo fotovoltaico en el punto de máxima potencia
- **Intensidad de cortocircuito, $I_{\text{CC MOD FV}}$** el valor máximo de corriente en el módulo al conectar sus dos bornes entre sí.
- **Tensión en circuito abierto, $V_{\text{OC modulo FV}}$** el valor máximo de tensión en el módulo, al no estando conectado a ninguna carga, siendo $I=0\text{A}$.
- **El Factor de Forma** es un parámetro que compara la potencia real entregada por la célula, respecto de la ideal, resultante de multiplicar la Intensidad de cortocircuito por la tensión de circuito abierto. Es de gran utilidad, ya que nos da una idea de la calidad de la célula. El factor de forma siempre tiene un valor más pequeño que la unidad, y la célula solar será mejor cuanto más alta sea. En las células comerciales el factor de forma está comprendido entre el 0,7 y el 0,8, siendo mejor en las células monocristalinas que en las policristalinas.

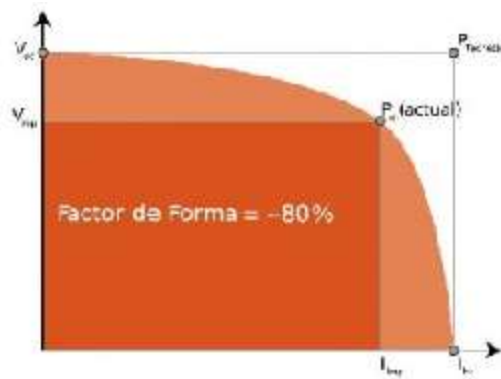


FIG 3.15 Gráfica del factor de forma.

Estos parámetros eléctricos de un módulo FV, que deben ser especificados por el fabricante, son obtenidos sobre unas condiciones concretas de trabajo.

- Irradiación incidente: 1000 W/m²;
- Temperatura de la célula: 25°C;
- Masa de aire: AM 1.5.



Otro parámetro importante es la T_{ONC} o Temperatura de Operación Nominal de la Célula. Es definido como la temperatura que alcanzan las células solares al ser sometido el módulo a esta serie de características:

- Irradiancia: 800W/m^2
- Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5 (masa de aire)
- Temperatura ambiente: 20°C
- Velocidad del viento: 1m/s

3.1.1.3 Dispositivos de orientación de los módulos

La energía que generará el sistema fotovoltaico dependerá, del ángulo con el que la irradiación solar repercute en él. Si éstos inciden de forma perpendicular con el módulo, la energía entregada por el sistema fv será máxima. Para obtener el máximo rendimiento, lo ideal sería que incidiera continuamente con esas condiciones. Para ello utilizan un eje en forma cilíndrica para realizar los seguimientos rotando y girando sobre si mismos. Utilizan una pequeña proporción de la energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos para alimentar al sistema electromecánico.

Para ello, los sistemas de seguimiento, permiten mantener un contacto perpendicular durante horas con los rayos solares consiguiendo una radiación un 35% que en modo estático, siempre que se den las condiciones meteorológicas favorables, sino ese rendimiento disminuye. Los dos tipos de seguimiento son:

1. Seguimiento Dos ejes

Este sistema de seguimiento dispone de dos ejes paralelos a los de tierra (eje N-S) y (eje E-O o polar), de modo que el eje Norte-Sur proporciona el movimiento del ángulo de altura solar adecuado respecto a los rayos solares, y el eje Este-Oeste orienta el eje vertical que soporta al módulo en el movimiento del ángulo azimutal.

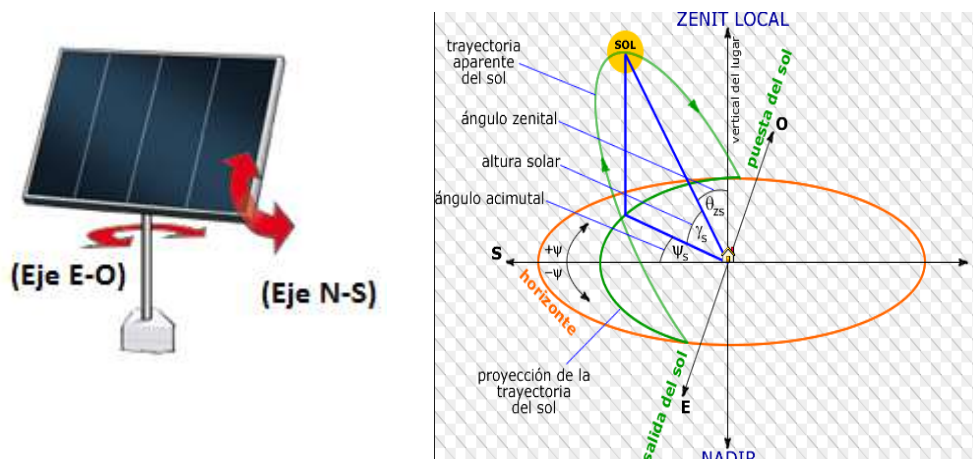


FIG 3.16 Sistema de seguimiento de dos ejes.

2. Seguimiento de un eje

Este sistema es el más empleado en sistemas de seguimiento, más si cabe con estructuras pesadas. Si el eje del módulo es vertical, proporciona el seguimiento según el ángulo de acimut, pero si el eje es horizontal, proporciona el seguimiento según el ángulo de altura solar.

En muchos módulos de un eje de seguimiento, se posee un eje de ajuste más para adaptar el panel con el propósito de incidir con más perpendicularidad respecto al sol, pero este eje es manual, por lo que sólo es verificado y variado su ajuste al respecto un par de veces al año, que suele coincidir con las estaciones de verano o invierno, por lo que siguen considerándose paneles de un eje de seguimiento.

El seguimiento de un eje se suele utilizar cuando hay limitaciones de espacio.

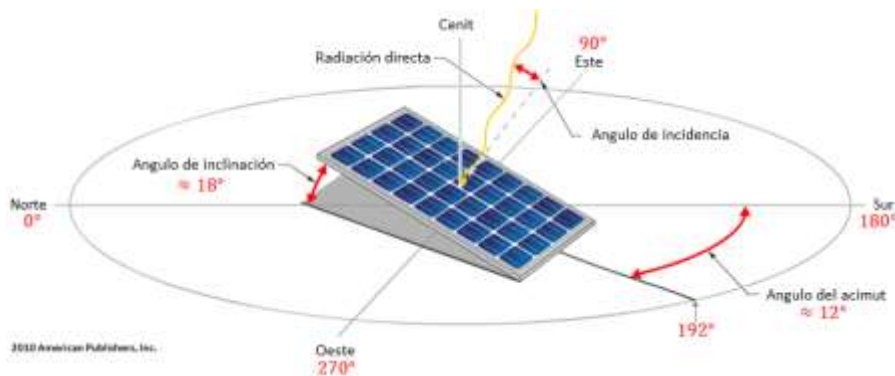


FIG 3.17 Sistema de seguimiento de un eje.

El seguimiento del sol se puede realizar por distintos métodos, como son:

1. **Seguimiento por sensores.** El sensor detecta en todo momento el ángulo que forma la radiación, con la normal de la superficie del panel fotovoltaico, gracias a la fotosensibilidad, que se sirven de la radiación directa para conocer la posición del sol.

2. **Seguimiento por coordenadas calculadas.** Este sistema sigue la posición del sol a través del cálculo de sus coordenadas astronómicas y no necesita, la detección de los rayos solares. Esto implica que estos sistemas sean más inmunes ante días de malas condiciones atmosféricas o ante destellos.

Además pueden controlarse por Software ante cualquier peligro meteorológico, estableciendo una posición de protección, o por errores en el seguimiento.

Los paneles poseen un peso bastante ligero por lo que a la hora de fijar la estructura de los módulos, no se tendrá en cuenta tanto el peso de los paneles, como la fuerza que ejercerá sobre ellos el viento, por lo que deberá resistir vientos de más de 150 Km/h.

Su efectividad es mayor cuanto mayores son los cristales, pero también su peso, grosor y coste.

El coste de los paneles fotovoltaicos se ha visto reducido considerablemente y el coste de generación eléctrica ya compite con las fuentes de energía convencionales.

Algunas aplicaciones donde se usan paneles fotovoltaicos son:

Centrales conectadas a red, Sistemas de autoconsumo fotovoltaico, estaciones repetidoras de microondas y de radio, electrificación de áreas remotas, sistemas de comunicaciones de emergencia, sistemas de vigilancia de datos ambientales y de calidad del agua, balizamiento para protección aeronáutica, vehículos de recreo propulsados por electricidad solar, señalización ferroviaria, parquímetros, naves y vehículos espaciales y satélites.

3.1.2 Ventanas fotovoltaicas

Como definición y aplicación, una ventana corriente es considerada un elemento que permite la entrada de luz natural a una estancia y como elemento de ventilación.

Pero el avance tecnológico, como mínimo, va a permitir aplicar con ellas, un nuevo tipo de uso, en breve tiempo.

Las ventanas fotovoltaicas será otra alternativa más para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica, aunque su aplicación en el mundo actual, ya ha comenzado.

Su fabricación y aplicación son muy recientes, aunque en la década de 1970, ya se hicieron las primeras investigaciones, con apenas resultados positivos, lo que implicó que se abandonara su desarrollo, pero su estudio, investigación y desarrollo, han surgido de nuevo en el siglo XXI.

Es difícil todavía ver aplicaciones con su uso, ya que de momento, los paneles fotovoltaicos tienen un uso casi pleno en la fotovoltaica hoy día, con un amplio margen de uso, aprovechamiento y mejora, pero en un futuro no muy lejano, la importancia de esta nueva aplicación va a aumentar significativamente, a la hora de aportar y generar energía eléctrica, y entre sus principales características aparte de su utilidad, es que serán flexibles y económicas.

En la práctica pueden considerarse como unos paneles fotovoltaicos, con la diferencia de que son mucho más finos, ligeros, e incluso en casos concretos, de tecnología avanzada, flexibles, pero no son iguales en la forma de obtener la energía.

Ello permitirá aumentar significativamente las utilidades que hasta ahora aportaban los paneles convencionales, adaptándose a superficies muy diversas.

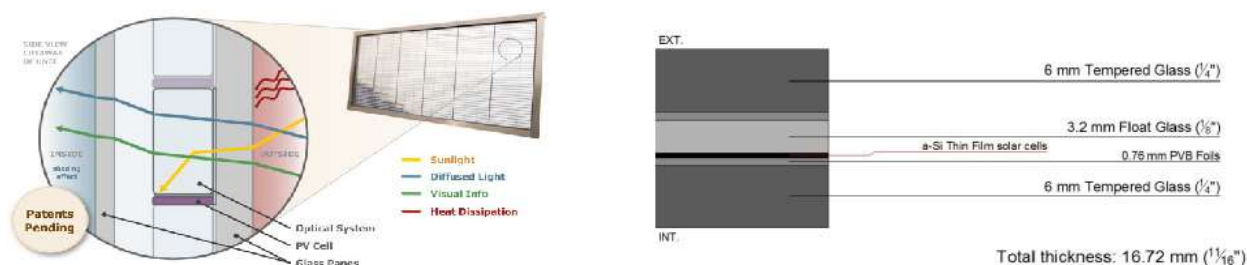


FIG 3.18. Captación solar y estructura interna de vidrio fotovoltaico.

El aprovechamiento de las superficies acristaladas en edificios permitirá obtener más energía eléctrica que mediante paneles fotovoltaicos.

Al amanecer y al anochecer, los laterales de los edificios de las grandes ciudades reciben gran cantidad de luz solar y podrían producir una cantidad significativa de energía, por tanto, se busca que los edificios sean capaces de generar la electricidad que van a necesitar para su consumo, consiguiendo reducirse incluso hasta un 50% la energía para acondicionar la temperatura de un edificio.

El 60 por ciento de la superficie de edificios comerciales recientes, es de vidrio, y se ha llegado a estudiar, que en rascacielos de más de 400 metros de altura, podrían llegar a generarse en un día más de 1 MWh de energía al día.

El color de las células puede modificarse variando el espesor de la capa anti-reflectante, cuyo espesor ofrezca el mínimo reflejo a las longitudes de onda donde obtiene su mayor rendimiento. Variar el espesor cambia el rango de las longitudes de onda reflejadas y las aprovechadas por la célula, el color de la célula, y el rendimiento.

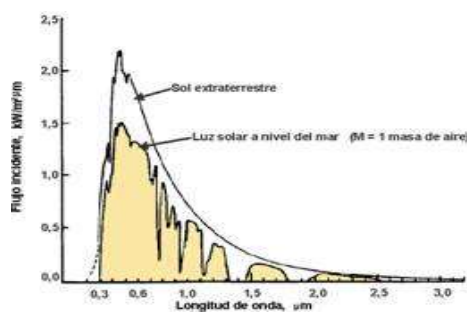


FIG 3.19 Rango de espectro solar luminoso.

Composición de los vidrios:

Los vidrios fotovoltaicos son contruidos con dos o tres acristalamientos entre los cuáles existe un espacio estanco integrado por un aislante. Pueden ser de capa normal o fina. De ellas, la más versátil tanto por construcción y aplicación en edificios es la de doble vidrio, donde el módulo fotovoltaico forma parte del acristalamiento exterior.

La parte aislante intermedia, suele tener entre 12 y 16 milímetros de espesor, para limitar la transmisión de calor.

También existe la opción de situar la sección fotovoltaica en el acristalamiento exterior, sin la sección estanca, de manera que en invierno la parte exterior se encuentra cerrada para producir una ganancia térmica en forma de calor, y en verano, se encontrará abierta para facilitar la evacuación del aire cálido que se encuentre en el interior, reduciendo tanto la temperatura interior del edificio donde se instale, como la del propio acristalamiento.

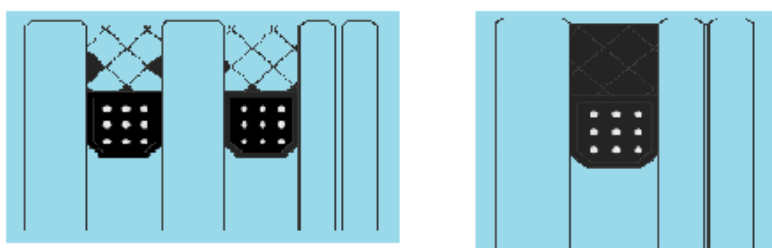


FIG 3.20 Corte transversal ventanas de triple y doble laminado.



El método de fabricación de las células solares en ventanas fotovoltaicas no precisa de tanta energía como se utiliza para fabricar las células fotovoltaicas de silicio, y su coste económico es menor, ya que en los paneles fotovoltaicos el coste principal proviene de gastos de instalación, del vidrio, las células y los componentes estructurales.

Las primeras ventanas fotovoltaicas, estaban compuestas por el mismo tipo de células que las de los paneles solares, monocristalinas, policristalinas y amorfas, con las mismas ventajas, desventajas, y características eléctricas que los paneles fotovoltaicos hechos del mismo material, pero en los últimos años, el desarrollo e investigación de nuevas células, que permiten el paso en ciertas proporciones de luz solar está creciendo y erigiéndose como el nuevo camino de desarrollo de esta tecnología.

Además, otra de las aplicaciones que están lográndose con estas nuevas ventanas, aparte del aporte lumínico y el ahorro energético en esta materia, es la de mantener las ubicaciones donde se instalen a una temperatura adecuada para cualquier, impidiendo que éste las atravesase, reduciendo el uso de los sistemas de refrigeración.

Su instalación es relativamente económica, al permitir aprovechamiento las infraestructuras de instalación estándar de ventanas en todo tipo de edificios.

Incluso, están apareciendo aplicaciones de estas nuevas células fotovoltaicas las cuáles permitirían laminar ventanas ya existentes.

Tipos de ventanas fotovoltaicas atendiendo a su material de construcción:

- **Silicio:** En ellas podemos encontrar ventanas, cuyas células fotovoltaicas serán de silicio monocristalino, policristalino y amorfo situadas en un encapsulado aislante y el acristalamiento tendrá una estructura de vidrio templado.

Los módulos monocristalinos obtienen los mejores rendimientos, con hasta un 18 % de obtención de la energía solar incidente. Pero en los últimos años, los módulos policristalinos están alcanzando bastante popularidad y empezando a integrarse en las fachadas de las edificaciones. Aunque su rendimiento es algo menor, han mejorado ostensiblemente junto a un coste menor, y tienen como principal ventaja, una mayor variedad de tamaños y diseño de las células. Su transparencia variará de acuerdo al número de células que integre. Debido a ello en el interior de los habitáculos donde se instalen, su reflejo será taqueado, debido a las sombras que crearán las células, por lo que para minimizar este efecto, se instalan con una cubierta interior translúcida, que no afecta al rendimiento del generador.

El rango de transparencia se sitúa entre el 10% y el 30%, suficientes para conseguir una buena iluminación.



FIG 3.21 Ventana fv policristalina.

Los módulos de silicio amorfo se sirven de una delgada lámina de silicio amorfo situado e el interior de un vidrio de capa fina, cuyos módulos tienen forma cuadra o hexagonal, dependiendo de la empresa que los fabrique. dentro de un vidrio, y por tecnología láser se diseñan y conexionan las células de cada módulo. Este sistema evita el problema de luminosidad que se genera con el uso de los cristales policristalinos. La capa del vidrio puede ser opaca o translúcida.

Su uso es aplicado desde estadios de fútbol, parkings de recarga de vehículos eléctricos, cubiertas o fachadas ventiladas.



FIG 3.22 Estructura panel amorfo y aplicación en estadio de fútbol.

Células fotovoltaicas orgánicas: Las células fotovoltaicas orgánicas tienen las mismas propiedades de conducción que el silicio pero pueden ser impresas o adheridas sobre gran cantidad de tipos distintos de material, como los plásticos, y con una característica común, su reducido espesor.

Están fabricadas con distintos materiales, entre los que destacan los polímeros y reducidas cantidades de materiales semiconductores nanotecnológicoas, que son agrupados en la célula por evaporación térmica.

Su característica principal es que absorben los rayos infrarrojos, que no son visibles para generar energía eléctrica de forma eficiente y provechosa.

La célula fotovoltaica desarrollada se coloca en posición vertical, y tiene una triple función: acumular energía limpia, transformarla en electricidad o calor dentro de las estancias, y permitir que pase la luz a través de ella e ilumine de forma natural el interior de las habitaciones.

Es la primera célula fv que se consigue desarrollar, cuyos materiales son totalmente transparentes. Se pueden situar en los huecos destinados a las ventanas corrientes. Son ligeras y fáciles de instalar, flexibles, en condiciones de poca luz o mucho calor apenas varía su transmisión de energía y absorben un amplio rango de longitud de onda de radiación.

Su modo de trabajo para transformar la energía es por electrónica excitónica, donde,

“El electrón y el hueco que se generan tras incidir un fotón de luz solar se encuentran en un estado de excitación, y unidos fuertemente, oponiendo resistencia. Mediante la creación de interfases entre polímeros conductores con diferente afinidad electrónica, se hace posible la transferencia de electrones entre polímeros. Este proceso, conocido como transferencia de electrones fotoinducida, consigue separar las cargas.”

Cita extraída de quimica-biologia-12-13.wikispaces.com

Su coste de fabricación es bajo, pero a cambio ofrecen un rendimiento muy reducido, en torno al 2% por la alta resistividad eléctrica del material orgánico. Por ello hoy día todavía no son más que un material en desarrollo, pero que en el futuro se augura poder incrementar ese rendimiento a un rango entre el 12 y 10 por ciento, muy parejo a los actuales sistemas, incrementando la absorción de los materiales conductores, provocando de ese modo, aumentar su valor y aplicación en el mundo de la fotovoltaica.



FIG 3.23 Célula y vidrio fotovoltaico orgánico.

Ventanas con tecnología Grätzel. Formadas por células fotovoltaicas delgadas construidas a partir de óxidos metálicos, polímeros, plásticos y mezcladas con tinte a partir de sustratos de vidrio. Esta combinación da como resultado cristales fotovoltaicos tintados. Que pueden ser de color u opacos.

Su eficiencia está en torno al 6%, y preveen que llegue al 20%, un valor muy elevado.

La radiación reacciona con el tinte originándose una corriente que es recogida en dos electrodos y en una batería y se realiza gracias a la célula Grätzel cuyo funcionamiento se describe a continuación,

“Los fotones de la luz solar alcanzan la sustancia coloreada que impregna al electrodo compuesto, excitándola energéticamente, haciendo saltar un electrón. Este electrón pasa desde el electrodo compuesto al simple y, desde éste, nuevamente a la sustancia coloreada, restituyendo su estado inicial. Por tanto, el sistema produce un movimiento cíclico electrónico, es decir, una corriente eléctrica, reproduciendo de cierto modo el proceso natural de la fotosíntesis, basado en la absorción de luz por parte de un colorante orgánico -como es la clorofila de las plantas-, y su acoplamiento con distintos procesos de transferencia electrónica”.

Cita extraida de <http://cienciaysalud.laverdad.es>



FIG 3.24 Láminas de vidrio con tecnología Grätzel.

Aplicaciones en edificios:



FIG 3.25 Ventanas fotovoltaicas en fachada, fachada ventilada y lucernario.



FIG 3.26 Ventanas fotovoltaicas como muro cortina y cubierta.

Este tipo de energía también se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas de la red eléctrica, o alimentar en el futuro los automóviles eléctricos.

También en el futuro de los smartphones los vidrios fv desempeñaran un gran papel.

Como conclusión, los cristales fotovoltaicos producen energía económica, respetuosa con el medio ambiente, silenciosa, ligera, armoniosa arquitectónicamente, y con un gran poder de desarrollo futuro. Entre las cosas a mejorar destacan su todavía pobre rendimiento general y el caro coste de desarrollo.

Sus parámetros de funcionamiento serán iguales a los de los paneles fotovoltaicos, estudiados y ampliados en el apartado 3.1.1.2, Parámetros de funcionamiento del módulo fv.

4. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica consiste en la conversión de la energía cinética de las masas de aire, en energía mecánica, de las aspas o palas de los generadores y posteriormente en energía eléctrica.

Ello se realiza mediante el uso de aerogeneradores. Una sección de éstos, con forma aerodinámica (aspas o palas), se expone ante el viento, produciendo en estos un movimiento mecánico, que es transmitido a un eje que es cilíndrico solidario a ellas. Estas partes móviles reciben el nombre de rotor.

Este eje en su extremo está compuesto por laminados y cableados de cobre.

Este eje se encuentra en el interior de la otra parte del aerogenerador, que es el estator, y en ella se encuentra una jaula compuesta por un transformador electromagnético, repleto de elementos y secciones de cobre, que al incidir con el movimiento del rotor, se va a producir un campo electromagnético, que inducirá a crear una corriente en los devanados de cobre del estator, convirtiendo la energía del movimiento en energía eléctrica que será adaptada y dirigida hacia las conexiones exteriores del aerogenerador.

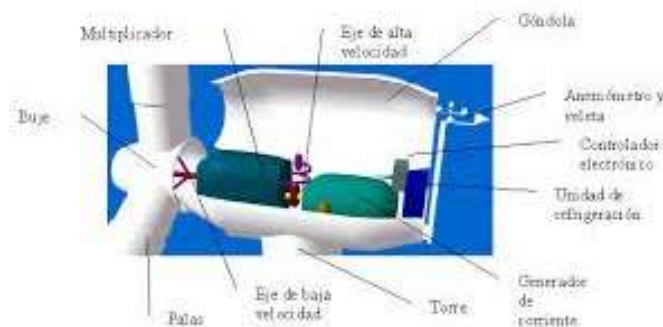


FIG 4.1. Parte interna del aerogenerador donde se unen estator y rotor.

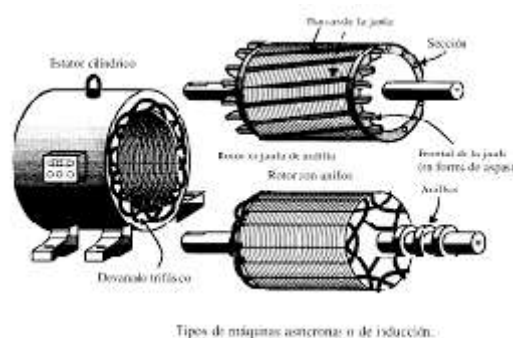


FIG 4.2 Estator y rotor para la obtención de energía eléctrica

Los primeros datos que se tienen sobre el aprovechamiento de la energía eólica datan de hace 3000 años, cuando en Babilonia se crearon los primeros sistemas navegación a vela. Durante la Edad Media, y en torno al siglo X, surgen y empieza a extenderse el uso de los molinos de viento, con el fin de mejorar y ayudar en la elaboración de productos agrícolas. Hoy en día son muy famosas las muestras de estos antiguos molinos de viento en zonas como Países Bajos o La Mancha.

Pero los molinos de viento capaces de transformar la energía eólica en energía eléctrica surgen durante el Siglo XX, en Estados Unidos, años después de la Gran depresión.

Con motivo de la 2ª Guerra Mundial, se paraliza el estudio y desarrollo de esta fuente de energía, hasta que en la década de los 70 se retoma el interés por su investigación. En las últimas décadas, el incremento en el rendimiento, utilidad, garantía y desarrollo han convertido a esta fuente de energía en la segunda energía renovable más importante a nivel energético, tras la hidráulica, y surgiendo nuevas aplicaciones en entornos marinos abiertos.



FIG 4.3 Molinos de viento en entorno marino.

La energía eólica se ha consolidado como la segunda fuente de energía renovable más importante, contando con una potencia instalada a nivel mundial de casi 370 Gw en 2014. El crecimiento anual acumulado de la energía eólica en los últimos años está siendo de entorno al 20% , es decir, la energía renovable que más crece a nivel mundial, y para la que no se augura ninguna modificación en esa tendencia alcista y ya alcanza un 2% de toda la producción mundial.

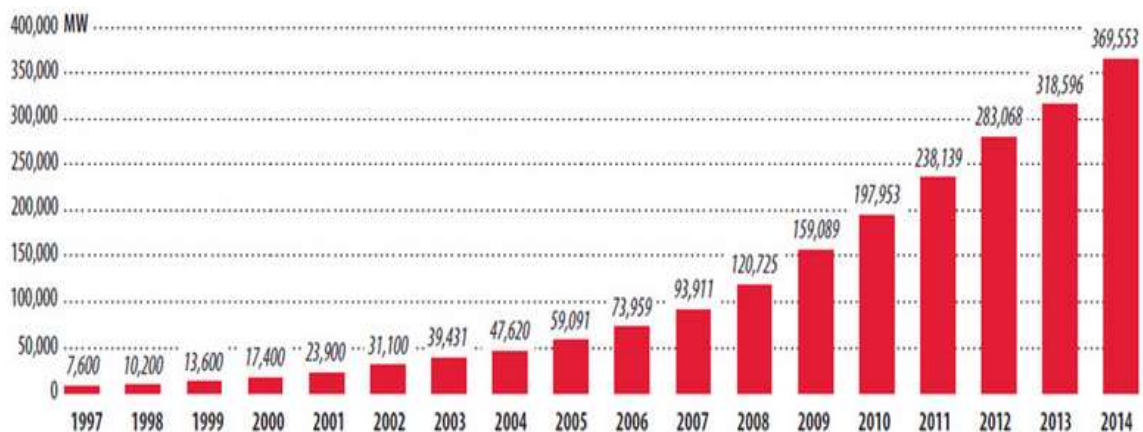


FIG 4.4 Instalación de potencia eólica mundial en los últimos 17 años.



China, cuya potencia instalada es de en torno a 80 Gw, es el país de mayor generación de energía eólica a nivel mundial, por delante de los Estados Unidos, con una potencia instalada superior a los 60 Gw. Alemania, España, India, Reino Unido, Italia, Francia, Canadá y Portugal son los otros grandes países generadores de energía eléctrica y que junto a China y Estados Unidos, representan más del 85% de toda la potencia por energía eólica producida anualmente.

La mayor instalación de este tipo se encuentra en California, con una potencia de generación de más de 1.000 Mw, mientras que el London Array con 630 Mw, es la mayor instalación de energía eólica no territorial del mundo, al estar instalada en agua marina perteneciente al Reino Unido.

Energía eólica en España.

Al finalizar el año 2014, año en que se produjo un récord de instalación mundial de energía eólica, España era el cuarto país a nivel mundial en potencia eólica instalada, y el segundo de Europa tras Alemania. En ese 2014 apenas hubo instalación de nuevos parques eólicos en nuestro país.

España es un país que se ve beneficiado respecto a la influencia del viento debido a una orografía muy montañosa y particular, unido a su ubicación muy ventajosa al estar bajo la influencia de las masas de aire marítimas del océano atlántico y el mar mediterráneo, le confieren una ventaja significativa en este ámbito.

En 2013 España consiguió un hito a nivel mundial. Fue el primer país de la historia en donde la energía eólica se convertía en la primera fuente de energía en generación de electricidad durante un año completo.

Alcanzó una producción del 20,9% de la producción anual de electricidad, y en datos absolutos generó tanta energía como el consumo del 90% de las viviendas del país, unos 18 millones de hogares.

Además, es una fuente de riqueza importante debido a la cantidad de puestos de trabajo que genera, así como los beneficios que en materia económica crea al exportar esa tecnología a nivel global.



FIG 4.5 Mapa eólico de España con velocidades medias anuales.

Los beneficios más significativos que aporta la energía eólica son la reducción de la contaminación evitando el uso de fuentes de energía que emitan gases nocivos, el poco impacto o modificación en el suelo terrestre en su instalación, el rendimiento logrado y el Impulso económico por ser una tecnología en continuo desarrollo.

4.1 Aerogenerador:

Es la máquina encargada de producir energía eléctrica a partir de la fuerza del viento.

Partes del Aerogenerador:

Cimentación: Cimentación subterránea de hormigón armado, donde fijar a él la torre que sustentará a todo el aerogenerador, y soportará las cargas ejercidas por el viento.

Torre: Es la parte de la estructura que soporta toda la masa del aerogenerador para que las palas puedan girar. Hecha en acero tubular y/o hormigón armado. Permite a las partes móviles del aerogenerador estar situadas a una altura suficiente para acceder a velocidades del viento mayores. En su parte superior irá instalada la góndola.

Góndola: Fabricada en acero o fibra de vidrio, es considerada la parte más importante, ya que en ella se sitúan los principales componentes, la caja de cambios, el eje principal, los sistemas de control, el generador, los frenos y los mecanismos de giro de la góndola. Puede girar alrededor de la torre para situar la turbina frente al viento.

Palas: Las palas son las partes móviles del generador que captarán la fuerza del viento para transmitirlo al eje principal. Lo más común es el uso de 3 palas por su suavidad y rendimiento de funcionamiento. Las palas están hechas de un material polímero con fibra de vidrio o carbono para ofrecer una mayor resistencia. Dependiendo de la velocidad del viento las palas pueden variar su ángulo de incidencia.

Caja de cambios: Su función es adaptar la velocidad de giro del eje principal a la de las aspas. Un rotor que gire a 20 revoluciones por minuto (rpm) mientras las aspas giren a 1500 rpm, tendrá una relación de caja de cambios de $1500/20 = 75$.

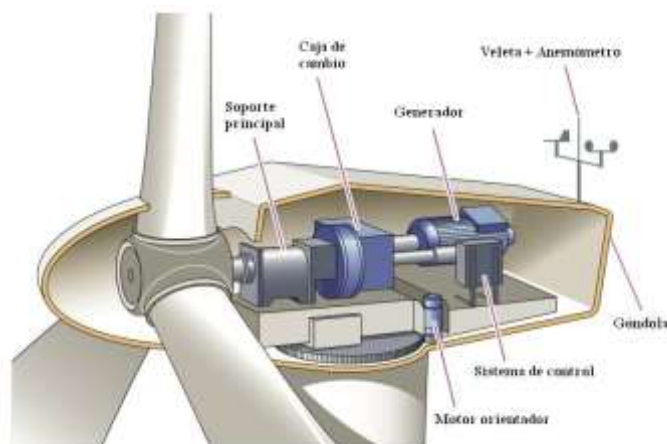


FIG 4.6 Partes del conjunto góndola, rotor, estator de un aerogenerador.



Rotor Puede ser horizontal o vertical, aunque la primera es la más usual. Normalmente el rotor será aplicado con un sistema a barlovento, es decir, frente al viento y donde el viento se encuentra primeramente con las aspas, para reducir las cargas del viento en él. Si se colocara con el rotor en primera instancia frente al viento sería un sistema a sotavento.

Generador: Tiene la función de evitar sobrecargas debidas a un funcionamiento del generador por encima de las condiciones nominales.

Sistema de frenado: Sistema que permite la detección de la turbina eólica como seguridad para situaciones de emergencia o mantenimiento.

Sistema de control: Conjunto de ordenadores que a través de la información recibida por la veleta y el anemómetro situados en la góndola, controlan la orientación de ésta y de las palas para optimizar la producción.

Tipos de Aerogeneradores:

Eje vertical: Aerogeneradores con eje de rotación es perpendicular al suelo y al viento. Sus principales ventajas son que no necesitan sistema de orientación, las partes internas están al nivel de suelo y su mantenimiento es sencillo y disminuyen sus costes. Por el contrario sus eficacias son menores. Destacamos dos tipos:

1. Aerogenerador con rotor Savonius: Modelo simple de rotor, formados por aspas con forma cilíndrica hueca cóncava donde ejerce empuje el viento. No son demasiado útiles para generar energía por culpa de su elevada resistencia al aire, a pesar de su bajo coste de producción.

2. Aerogenerador con rotor Darrieus: Modelo de aerogenerador de eje vertical más conocido. Está formado por un eje vertical sobre un rotor, con varias palas curvas finas unidas al eje vertical en ambos extremos. Ofrece mayores velocidades de trabajo, pero necesita de un sistema de arranque.

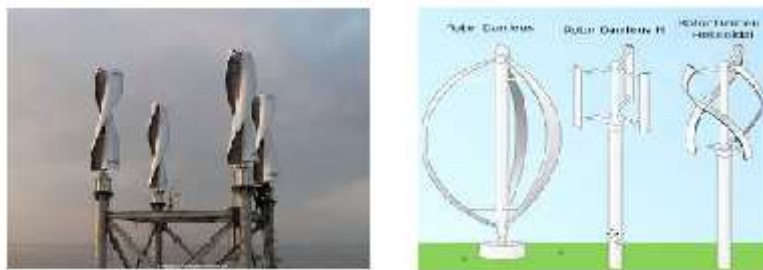


FIG 4.7 Aerogeneradores de rotor Savonius y Darrieus.

Eje horizontal: Aerogeneradores cuyo eje de rotación es paralelo al suelo. Tienen mayor eficiencia energética al poder trabajar a mayor velocidad de rotación, y pudiendo aprovechar la velocidad del viento en altura.

Dependiendo de su orientación distinguiremos los de a barlovento y a sotavento.

1. Barlovento: El rotor se sitúa frente al sentido del viento. De esta forma se produce un mejor aprovechamiento del viento al no haber turbulencias anteriores al momento de contacto. Para mejorar la eficiencia utilizan un sistema de orientación en dirección al viento. Son los generadores más populares.

2. Sotavento: El rotor se sitúa de espaldas al sentido del viento dominante, por lo que la estructura de la torre y la góndola no permiten lograr un rendimiento energético tan bueno al producirse turbulencias en el aire que mueve las aspas.

El viento orienta a la góndola antes de empujar a las palas, y sus componentes son algo más flexibles que en los de Barlovento.

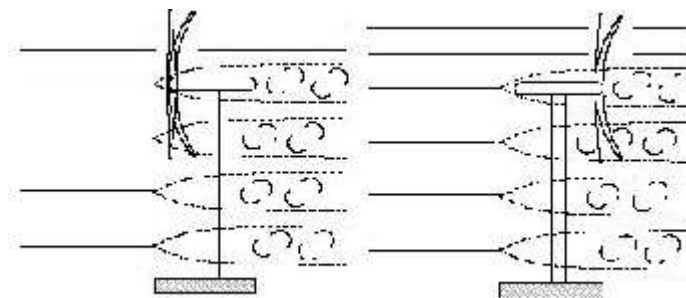


FIG 4.8 Aerogeneradores a Barlovento y Sotavento.

5. ENERGÍA HÍBRIDA

La energía híbrida consiste en combinar diferentes formas de obtener energía eléctrica, bajo una misma instalación, aprovechando las ventajas de cada una de ellas, minimizando así los inconvenientes o defectos que presentan en períodos de tiempo concretos debido a las condiciones climáticas.

El uso de este tipo de sistemas asegura una autonomía energética bastante amplia, provocando con ello un ahorro económico, contribución con el mantenimiento del medio ambiente, y si estuviese la instalación en una zona abrupta o de difícil acceso, una menor dependencia energética ante cualquier eventualidad, ya sea por fenómenos atmosféricos, o problemas de interconexiones eléctricas.

En esta ocasión, vamos a incidir y ampliar información sobre los sistemas de energía híbrida eólico-fotovoltaicos.

Las instalaciones híbridas eólico-fotovoltaicas, son empleadas para la obtención de energía eléctrica a partir de la energía eólica que genera un aerogenerador como consecuencia de la fuerza con que el viento incide en él, y la energía solar que generan las células fotovoltaicas al incidir sobre ellas la radiación solar. Sus componentes principales son el aerogenerador, el generador fotovoltaico, el inversor, el regulador de carga, el sistema de acumulación

El empleo de este tipo de sistemas es cada vez más amplio y extendido, y tiene su principal ventaja en aquellos lugares donde la llegada de conexiones eléctricas son de difícil acceso.

Pero no por ello se tienen que dar esas condiciones para llevar a cabo la instalación de un sistema de estas características.

Tanto la contribución al medio ambiente, el ahorro económico, la autonomía que generan, o el simple hecho de querer generar tu propia energía son otros motivos para llevarlo a cabo.

Para poder obtener esa autonomía, es necesario el empleo de un sistema de acumulación donde almacenar la energía eléctrica generada, ante la posibilidad de no darse las condiciones atmosféricas necesarias para el empleo del sistema de manera consecutiva durante varios días, por avería o mantenimiento. También puede darse la posibilidad incluso de disponer de un grupo generador.

A continuación se entrarán a detallar las diferentes partes del sistema:



FIG 5.1. Sistema híbrido eólico-fotovoltaico con sus componentes.



El aerogenerador, y el sistema fotovoltaico ya fueron detallados en los capítulos 3 y 4 de esta memoria, aunque se detallará la forma de cálculo de la energía en el aerogenerador en el punto 5.4.

Se centrará en explicar el resto de componentes de este tipo de sistemas, como son los inversores de potencia, el acumulador eléctrico y el inversor y posteriormente dicho cálculo.

5.1 El regulador de carga.

Un regulador carga es un dispositivo medidor, encargado de testar constantemente el estado de carga o descarga de las baterías del sistema de acumulación, con el propósito de protegerlas frente a sobredescargas y sobrecargas eléctricas profunda que puedan dañarlas. Para ello regula la intensidad con la que son cargadas, y contribuir a alargar la vida útil del sistema de acumulación.

La sobrecarga tiene lugar cuando el sistema de acumulación se encuentra a plena carga, pero el sistema fotovoltaico continúa enviando corriente eléctrica al acumulador para almacenarla. En ese caso el regulador impide la aportación de más corriente.

La sobredescarga se produce cuando se produce una alta demanda eléctrica, provocando una baja carga en las baterías. En este caso el regulador desconecta las conexiones e impidiendo la generación de energía por parte de la batería.

Los dos principales tipos de reguladores son:

-Regulador pwm. La instalación fotovoltaica durante la carga aporta a las baterías la corriente que le es permitida según la tensión a la que trabaja.

Al iniciar una carga, cuando la tensión de la batería va en aumento, la corriente con la que carga el panel fv al acumulador disminuye, y se desconecta para no sobrecargarla.

Al inicio de la carga, si la tensión de la batería es baja, la corriente suministrada por el sistema fv, será el correspondiente al valor de esa propia tensión baja.

Al aumentar la tensión de la batería, la corriente aportada por el panel decrece, y al alcanzar el valor preestablecido, se desconecta.

Cuando los paneles reciben radiación pero el acumulador está al 100% de capacidad, esa energía no puede ser convertida y almacenada.

-Regulador mppt. Es un regulador que emplea el 100% de la energía que le suministran los paneles.

Este regulador controla la tensión de la batería, de tal forma que éste regulador trabaja siempre en el punto de máxima potencia del panel, por lo que utiliza la Intensidad máxima que el panel está dispuesto a suministrar.

Los reguladores MPPT son más caros que los PWM, pero ofrecen un rendimiento mejor, permitiendo un 30% más de carga en las baterías que con un regulador PWM.

Algunos reguladores impiden que la corriente de las baterías regresen al módulo fv, cuando en éste no inciden rayos solares, con unos dispositivos llamados by-pass.

El voltaje al cuál el regulador realiza el control de la batería se denomina punto de regulación. En los reguladores con control de sobredescarga y sobrecarga se establecen 4 parámetros de regulación:

Parámetros de regulación:

- **Tensión por corte de sobrecarga**, es la máxima tensión que alcanza la batería.
- **Tensión por corte de sobredescarga**, es la mínima tensión que alcanza la batería antes de interrumpir su suministro de energía.
- **Tensión de rearme de carga**, es la tensión a la cual el sistema FV reinicia la carga de la batería.
- **Tensión de rearme de descarga**, es la tensión a la cual se reinicia la cesión de energía por parte de la batería.

Este control ejercido por el regulador, y los parámetros que pueden controlarse son denominados estrategias de regulación y funcionan al establecer unos valores a partir de los cuales cambia el régimen de funcionamiento del regulador.

Valores de control del regulador

- **Carga inicial**: al alcanzar la tensión del acumulador un valor prefijado, se permite el paso de toda la cantidad de corriente del sistema FV, aumentando progresivamente esa tensión.
- **Carga de absorción**: al alcanzarse el valor de tensión final de carga, la batería permanece absorbiendo una cantidad muy reducida de corriente del sistema FV.
- **Carga de flotación**: si la batería está plenamente cargada, se corta el paso de corriente mientras la tensión no reduce su valor hasta un valor preestablecido.
- **Carga de ecualización**: tras un bajo estado de carga la batería recibe una ligera sobrecarga controlada, para elevar su tensión sobre el valor del de absorción.

5.1.1 Parámetros eléctricos del regulador:

-**Intensidad máxima de carga**: Corriente máxima procedente de los paneles que el regulador permite pasar.

-**Tensión nominal**: Valor de la tensión del sistema FV para el que fue diseñado el regulador. Existen reguladores con la posibilidad de poder seleccionar el rango de dicha tensión, normalmente entre 12 y 48 V.

-**Intensidad nominal**: corriente que proviene del sistema FV que puede ser controlada por el regulador.



FIG 5.2. Regulador de carga conexasiónado a batería.



5.2 El inversor

Son aparatos cuya misión consiste en transformar la corriente continua procedente de las baterías (12, 24, 48V) en corriente alterna para el consumo, que en el caso de una vivienda, permitirá a los distintos aparatos eléctricos entrar en funcionamiento.

Dependiendo del tipo de instalación, pueden ir conectados a la salida del regulador, o a los bornes de un sistema de acumulación.

5.2.1 Parámetros eléctricos del inversor:

- **Tensión nominal:** es la tensión de trabajo a la que trabajarán los bornes de entrada del inversor.

- **Potencia nominal:** es la potencia de trabajo que puede alcanzar el inversor.

- **Capacidad de sobrecarga:** período de durante la cuál puede entregar potencia extra superior a la nominal.

- **Rendimiento:** Cociente entre la potencia disponible a la salida del inversor y la potencia de entrada en tanto por ciento. relación entre la potencia presentada a la salida y a la entrada del inversor. Está expresado en tanto por ciento. También dependerá de las máquinas a las que alimente.

- **Forma de onda:** dependiendo del tipo de inversor empleado, la corriente alterna a la salida del inversor tendrá una forma específica proporcionando una forma de onda que caracterizará su comportamiento. Lo idóneo es que la forma de onda a la salida fuera totalmente sinusoidal con un valor eficaz de 230 V y una frecuencia de 50 Hz.

Algunas de sus características principales son:

- Aporta protección contra sobrecargas.
- Aporta protección contra cortocircuitos.
- Aporta protección térmica.
- Aporta protección contra inversión de polaridad.
- Estabiliza sula tensión a la salida.
- Su arranque puede ser automáticamente
- Aporte de datos de funcionamiento.

Atendiendo a su forma de onda se distinguen dos tipos de inversores:

Inversores de onda senoidal modificada: son sofisticados, y utilizan la modulación de ancho de onda (PWM) para modificarla y acercarla a la forma de la corriente de salida a una señal sinusoidal.. La salida no es una auténtica onda senoidal, pero es muy próxima. Contiene pocos armónicos. Su relación calidad/precio es muy buena.



Inversores de onda senoidal pura: Contienen una electrónica más elaborada y se consigue una onda senoidal pura. Su rendimiento ha mejorado por la incorporación de microprocesadores que permiten nuevas prestaciones como telecontrol, cálculo de energía consumida.

5.3 Acumulador eléctrico.

Un acumulador eléctrico está compuesto por un conjunto de baterías, que son dispositivos de almacenado de energía eléctrica gracias a procesos electroquímicos que se producen en su interior. Están formadas por celdas electroquímicas, cada una de ellas con un ánodo y un cátodo, y que son las encargadas del aporte de energía eléctrica. Dichas celdas están interconectadas por uniones serie y paralelo que definirán sus características eléctricas.

Ello permitirá dotar de autonomía eléctrica al sistema, aportando energía y siendo muy importante en días de malas condiciones meteorológicas para la creación de energía, durante períodos de consecutivos de días.

Será la encargada de fijar la tensión nominal del sistema, en corriente continua.

5.3.1 Parámetros eléctricos del acumulador:

- **Capacidad:** Es el valor del total de energía eléctrica que puede alcanzarse si se descarga una batería desde el 100% de su carga hasta el 0%. Su unidad de medida es el Amperio-hora [Ah], en un período de tiempo de descarga concreto de descarga. Si el valor de la capacidad fueran 500 Ah, significaría que podrían obtenerse 500 A en una hora, 100 A en 5h, o 50 A en 10 horas. En sistemas fotovoltaicos suele utilizarse tiempos de descarga de 20 o de 100 horas. Su tensión de funcionamiento está entre 2 y 12 voltios. Es el voltaje necesario para superar la resistencia del acumulador para poder ser cargado. Las capacidades pueden ir hasta los 4000 Ah.

Conviene que las baterías se sitúen en un lugar donde no puedan alcanzarse temperaturas demasiado altas, ni demasiado bajas, ya que en esta última, en momentos de gran descarga de la batería, la concentración de agua en el interior es muy grande, y debido al frío, podría llegar a congelarse dañando las partes internas. Aun así, estos elementos utilizan anticongelante para evitar estas situaciones.

- **Tensión:** Suministrará la energía en corriente continua, y la tensión de entrega puede ir desde los 2 hasta los 12 voltios. Cuanto mayor es la capacidad de una batería, lo habitual es que la tensión de su salida sea menor.

- **Estado de carga (SOC):** Es el tanto por ciento de la capacidad total de la batería que contiene almacenada energía, es decir, la capacidad disponible de energía.

- **Profundidad de descarga:** Es el valor en porcentaje, de la energía que se ha empleado en una descarga en un acumulador al 100% de su carga. Cuanto mayor sea esta profundidad de descarga, menos vida útil tendrá la batería, habiendo baterías que permiten profundidades de descarga del 70% y 80%. Además, el descargar por completo una batería puede dañar y hacer perder una parte de su capacidad de almacenamiento.

- **Número de ciclos:** Período de vida de una batería medido en ciclos de descarga y carga. expresa el tiempo de vida de una batería mediante el número de ciclos de carga-descarga.

Tipos de baterías:

En sistemas fotovoltaicos los más usados son las baterías de plomo-ácido y en algunos casos las de níquel-cadmio.

- **Las plomo-ácido** tienen dos variantes posibles muy interesantes al estar selladas y perder menos propiedades que si no lo estuviesen. Las de electrolito líquido o AGM, que son utilizadas desde hace muchos años, o las de electrolito sellado, cuyo electrolito no es líquido, sino gelificado.

Las AGM tienen origen militar, su ácido es absorbido de manera rápida por placas de plomo y su resistencia eléctrica interna es muy baja por lo que reciben y entregan cantidades bastante altas de corriente eléctrica. Son muy seguras, ligeras y avanzadas y permiten grandes profundidades de descarga sin ver afectada en tanta proporción su vida útil.

Las baterías de GEL son de plomo-ácido selladas, pero en este caso, su electrolito está gelificado, por lo cual, también ve aumentada su vida útil, garantizando una gran cantidad de ciclos de carga y descarga. Son capaces de realizar descargas de gran cantidad de energía, y altas temperaturas. Su tensión permanece muy constante y son muy recomendables para el uso con inversores.

- **Las de Níquel –Cadmio**, permiten permanecer bajo estado de carga durante un periodo de tiempo extenso, y unas propiedades eléctricas que se mantienen muy constantes a lo largo del tiempo, así como su mantenimiento. Por el contrario son bastante más caras.

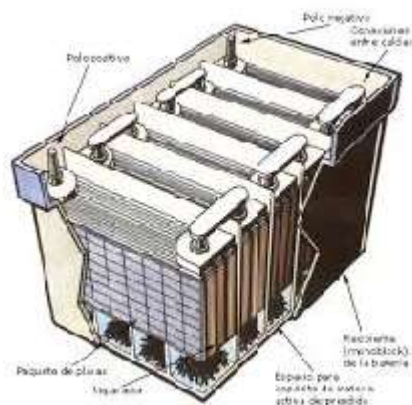


FIG 5.3 Partes Batería eléctrica.



FIG 5.4 Tipos de conexionado de las baterías.



5.4 Forma de cálculo de la energía eólica.

Estimación de la energía producida por un aerogenerador

El viento posee energía cinética que será aprovechada para transformarla en energía eléctrica en el aerogenerador. El método de estimación es citado a continuación, y será empleado para aerogeneradores de menos de 10 Kw de potencia.

La manera idónea para su cálculo será,

“A partir de conocer la distribución de frecuencias del viento (distribución Weibull) y la curva de potencia del aerogenerador. Un procedimiento más sencillo, y que puede emplearse cuando no se tienen esos dos elementos, es el conocido como el «método del área de barrido». Este es un método con el cual, se puede calcular la energía anual producida (EAP) por un aerogenerador.

Este método requiere de tres pasos:

- 1. Determinar la densidad de potencia (P/A) en watt por metro cuadrado del área de barrido del rotor (W/m²), en el sitio y a la altura del eje del aerogenerador que se prevé instalar.*
- 2. Calcular el área de barrido (A) del rotor del aerogenerador en metros cuadrados (m²).*
- 3. Conocer el rendimiento total del sistema eólico. Este rendimiento, o eficiencia total, incluye la eficiencia del rotor, la de la transmisión mecánica (si existe) y la del generador; pero no incluye el rendimiento de las baterías, el regulador y el inversor, en caso de que sea un sistema aislado.*

De esta forma, la energía anual producida (EAP) en kWh/año, se determina por la fórmula siguiente:

$$EAP = (P/A) \times (A) \times (\text{rendimiento total}) \times (8\,760 \text{ h/año}) / (1000 \text{ W/kW})$$

Área de barrido del rotor (A), el área de barrido de un rotor, el círculo desarrollado por dicho rotor.

$$A = \pi R^2$$

Densidad de potencia (P/A)

Una de esas técnicas tiene lugar cuando se posee un mapa eólico de la región de estudio. Los mapas eólicos suministran los valores de la densidad de potencia, generalmente por regiones o áreas determinadas, por lo que pueden emplearse dichos valores para calcular la energía anual producida por un aerogenerador.

También se pueden emplear las mediciones realizadas en sitios cercanos. Esas mediciones se pueden extrapolar teniendo en cuenta las diferencias topográficas y paisajísticas del sitio de medición y el sitio de emplazamiento. Esto se puede realizar con programas computacionales profesionales que realizan la extrapolación, o mediante fórmulas aproximadas.

Cuando no es posible aplicar alguna de las técnicas anteriores, otra forma de calcular la densidad de potencia es usando la velocidad media del viento, y un adecuado factor de energía, o factor cúbico (FC). Lo anterior se expresa de la manera siguiente:

$$P/A = \frac{1}{2} \times (\text{densidad del aire}) \times (FC) \times V^3$$

Donde V es la velocidad media anual de velocidad del viento en el sitio seleccionado. En aras de simplificar los cálculos, y teniendo en cuenta que la distribución de Rayleigh es una de las más frecuentes, se asume que la distribución de frecuencias en el sitio es una distribución de Rayleigh, para la cual el factor cúbico es $FC = 1,91$. Cuando se han realizado mediciones y se conoce la distribución de frecuencia de velocidades, el factor cúbico a emplear es el correspondiente a esa distribución de frecuencias.

Conociendo el valor de la densidad de aire del emplazamiento, se procederá al cálculo de las expresiones formuladas”.

Cita extraída de cubasolar.cu.

Al conocer los datos de potencia a cualquier régimen de giro facilitados por el fabricante, y conociendo la distribución de frecuencias de viento (distribución Weibull), se empleará este método de cálculo. Son las dos características claves para dimensionar.

Variaciones del viento: distribución de Weibull.

La distribución de Weibull es el modelo general de las variaciones en la velocidad del viento.

“Para la industria eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de las velocidades del viento. Los proyectistas de turbinas necesitan la información para optimizar el diseño de sus aerogeneradores, así como para minimizar los costes de generación. Los inversores necesitan la información para estimar sus ingresos por producción de electricidad.

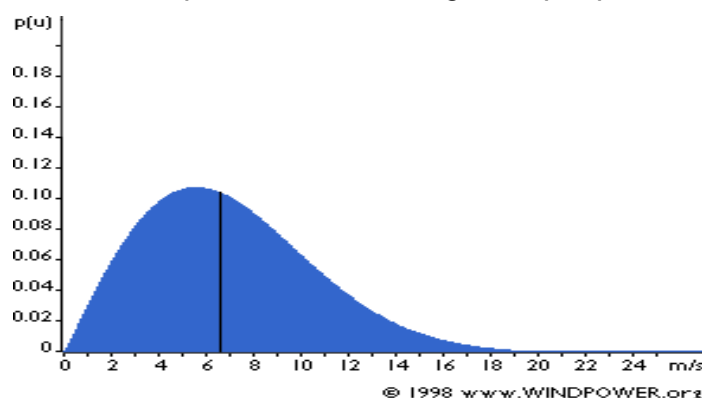


FIG 5.5 Ejemplo distribucción Weibull.

Si mide las velocidades del viento a lo largo de un año observará que en la mayoría de áreas los fuertes vendavales son raros, mientras que los vientos frescos y moderados son bastante comunes.

La variación del viento en un emplazamiento típico suele describirse utilizando la llamada Distribución de Weibull, como la mostrada en el dibujo.

Este emplazamiento particular tiene una velocidad media del viento de 7 metros por segundo, y la forma de la curva está determinada por un parámetro de forma de 2.



Descripción estadística de las velocidades del viento

La gente que esté familiarizada con la estadística se dará cuenta de que el gráfico muestra una distribución de probabilidad. El área bajo la curva siempre vale exactamente 1, ya que la probabilidad de que el viento sople a cualquiera de las velocidades, incluyendo el cero, debe ser del 100 por cien.

La mitad del área azul está a la izquierda de la línea negra vertical a 6,6 metros por segundo. Los 6,6 m/s son la mediana de la distribución. Esto significa que la mitad del tiempo el viento soplará a menos de 6,6 m/s y la otra mitad soplará a más de 6,6 m/s.

Puede preguntarse porqué decimos entonces que la velocidad del viento media es de 7 m/s. La velocidad del viento media es realmente el promedio de las observaciones de la velocidad del viento que tendremos en ese emplazamiento.

Como podrá observar, la distribución de las velocidades del viento es sesgada, es decir, no es simétrica. A veces tendrá velocidades de viento muy altas, pero son muy raras. Por otro lado, las velocidades del viento de 5,5 m/s son las más comunes. Los 5,5 metros por segundo es el llamado valor modal de la distribución. Si multiplicamos cada diminuto intervalo de la velocidad del viento por la probabilidad de tener esa velocidad particular, y los sumamos todos, obtenemos la velocidad del viento media.

La distribución estadística de las velocidades del viento varía de un lugar a otro del globo, dependiendo de las condiciones climáticas locales, del paisaje y de su superficie. Por lo tanto, la Distribución de Weibull puede variar tanto en la forma como en el valor medio.

$$f(v) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (k>0, v>0, c>1)$$

Donde:

c es el parámetro de escala

k es el parámetro forma de distribución

Si el parámetro de forma es exactamente 2, como en el gráfico de esta página, la distribución es conocida como distribución de Rayleigh. Los fabricantes de aerogeneradores proporcionan gráficas de rendimiento para sus máquinas usando la distribución de Rayleigh”.

Cita extraída de motiva.fi

“El factor de distribución de forma de energía eólica, *k*, se define como la relación entre la energía obtenida en un año y la energía que se obtendría en ese año si la velocidad del viento se mantuviera constante e igual a la velocidad media (que no es realmente disponible) ”.

$$k = \frac{N_{\text{anual}}}{N} = \frac{v^3}{\bar{v}^3}$$

Cita extraída de energiasargentinas.com.ar

El parámetro de escala se puede estimar su valor en 0.6321.

6. SISTEMAS AISLADOS DE RED

Las fuentes de energía renovables pueden tener dos aplicaciones, que la energía obtenida se emplee en una instalación, y el resto de la electricidad sobrante se dirija a la red, o que al energía obtenida sea para uso exclusivo de la instalación.

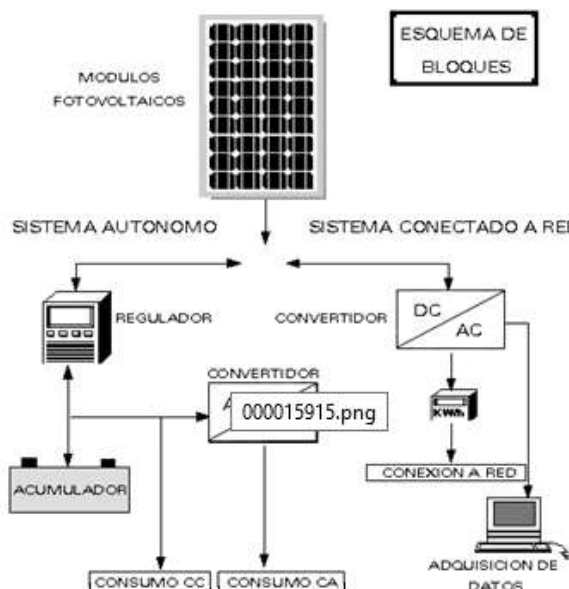


FIG 6.1 Esquema eléctrico con opción de conexión a red o aislamiento.

1. Sistemas conectados a red:

La energía eléctrica obtenida es enviada a la red eléctrica para que sea transmitida a donde sea necesaria a través de las líneas de media y alta tensión.

Los consumidores inyectan a la red esa energía sobrante, pero para el usuario en nuestro país también conlleva un gasto por concepto de conexión, el llamado “peaje”, y la rentabilidad que se consigue es bastante limitada.

El precio de esta distribución de energía también está regulado por ley, de forma que se incentiva la producción de electricidad solar, estas instalaciones son amortizables entre 8 y 10 años.

Son instalaciones con una potencia instalada de ,entre 1 a 5 kw en una vivienda o instalación pequeña, o incluso llegar hasta los 100 kw en cubiertas de grandes edificaciones o en construcciones de generación energética.

Está surgiendo con fuerza las llamadas huertas solares. Se trata de conjuntar varias instalaciones diferentes en un mismo recinto.

2. Sistemas aislados:

Los sistemas aislados obtienen la energía por cualquiera de las fuentes de energía disponibles o incluso por la combinación de varias de ellas. Pueden almacenar o no en un sistema de acumulación la cantidad de energía generada.

Son sistemas muy útiles para instalar en zonas de difícil acceso o llegada de la red eléctrica. Resulta muy útil en aplicaciones ganaderas, de agricultura, viviendas de campo, instalaciones de montaña, o en sistemas de aportación lumínica o balizamiento.

Los sistemas aislados son el objetivo del estudio de la memoria



FIG 6.2 Ejemplos de sistema renovable aislado con acumulador.

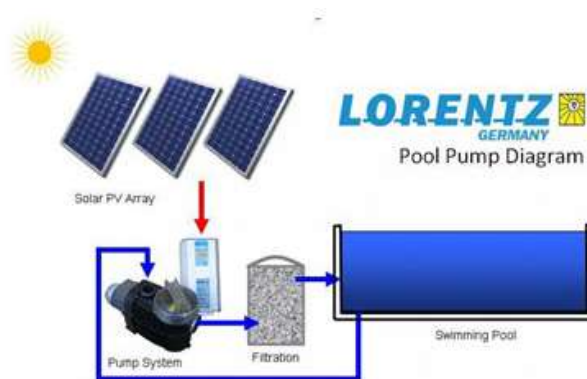


FIG 6.3 Ejemplo de sistema renovable aislado sin acumulador.

España es un país de grandes recursos energéticos renovables, y aunque una parte importante de la energía que consume la recoge de energías limpias, el potencial que podría ser aprovechado frente al que realmente se utiliza es escaso. Por ello han realizado estudios estimándose la cantidad de energía que se podría obtener.

“Como si de una competición de nuevo culturismo energético se tratara, podemos hacer un ranking de las diez capitales de provincia con mayor capacidad de producción de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, considerando los datos meteorológicos de noviembre de 2014 y que en el hogar de cada familia española tuviéramos una instalación de energía solar fotovoltaica de 3kWp de potencia, con orientación al sur y una inclinación de 34º”

Cita extraída de ecoserveis.net

Nº	Localidades	kWh producidos	% cobertura
1	Sevilla	368,5	128
2	Las Palmas de Gran Canaria	360,5	125
3	Cádiz	359,3	124
4	Huelva	356,7	124
5	Melilla	351,9	122
6	Ceuta	347,2	120
7	Granada	340,5	118
8	Almería	338,2	117
9	Córdoba	336,2	116
10	Málaga	330,8	114

FIG 6.4 Ciudades españolas donde más energía fotovoltaica se obtendría.

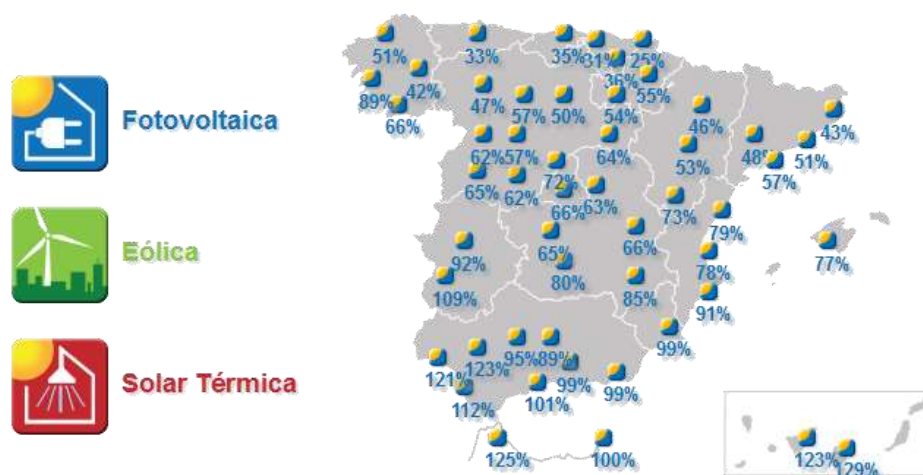


FIG 6.5 Mapa con estimación de energía fv .

Incluso algunas webs como ecoserveis.net , muestran a cada instante con las condiciones reales, la estimación de porcentaje de energía consumida en la vivienda que una instalación fotovoltaica de 3 KW_p potencia podría cubrir.

Por otra parte en materia de energía eólica

“el caso de la **energía eólica** es distinto, porque aunque a nivel doméstico es posible instalar una mini turbina eólica de baja potencia para la micro-generación de energía eléctrica, de forma similar a las instalaciones solares, esta tecnología todavía es poco habitual en el sector residencial. Así pues, Meteo-Renovables toma como referencia la producción eléctrica de los parques eólicos instalados en España (por comunidad autónoma). Se consideran los datos diarios sobre su producción real que proporciona Red Eléctrica de España (REE), y con ello hemos visto que en noviembre hay varias comunidades que han producido mucho más de lo que consumen (en el sector residencial). El excedente va a la red y se pueden abastecer otras comunidades”



Nº	Localidades	MWh	Hogares cubiertos	% hogares cubiertos
1	Castilla y León	1.162.293,39	4.040.353	389%
2	Castilla-La Mancha	799.221,49	2.778.246	353%
3	Galicia	706.136,93	2.454.666	232%

FIG 6.6 Autonomías con mejor aprovechamiento eólico potencial.

A pesar de que existen instalaciones de energía híbrida en España, es una implantación relativamente nueva y no ha sido posible encontrar datos de la cantidad estimada que pudiera haber ni de el tipo de instalación que hayan adaptado.

Si hay datos de la cantidad de energía empleada para el consumo de las viviendas en España, y podemos citar que el consumo eléctrico proveniente de las energías renovables es el único que en cifras globales está incrementándose, mientras que los combustibles fosibles o energías menos limpias, se mantienen o disminuyen su consumo.

INFORME ANUAL DE CONSUMOS ENERGÉTICOS. UNIDADES COMERCIALES. AÑO 2013													
Consumo de Energía Final: Sector Residencial/Hogares.													
Tipo de Uso	Carbón	Productos Petrolíferos			Gases ⁽³⁾	Renovables				Energía Eléctrica	TOTAL	Consumo Total según Usos	
		GLP	Combustibles Líquidos ⁽⁴⁾	TOTAL Productos Petrolíferos		Biomasa	Solar	Geotermia	TOTAL Renovables			Térmicos	Eléctricos
Unidad de medida:	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep
Calefacción	72	109	1.420	1.609	1.339	2.451	13	5,98	2.471	437	5.928	5.490	437
ACS	7	302	138	440	1.243	43	168,1	2,28	213	443	2.346	1.902	443
Cocina	16	113	—	113	309	27	—	—	27	552	1.016	465	552
Iluminación	—	—	—	—	—	—	—	—	—	697	697	—	697
Aire Acondicionado	—	—	—	—	—	—	—	2,22	2	139	141	2	139
Electrodomésticos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.670	3.670	—	3.670
CONSUMO TOTAL DE LOS HOGARES ⁽¹⁾	95	604	1.558	2.162	2.891	2.520	182	10,48	2.712	5.938	13.798	7.860	5.938
CONSUMO TOTAL RESIDENCIAL ⁽⁴⁾	95	1.140	1.624	2.764	3.193	2.520	196	10,48	2.727	6.236	15.815	8.778	6.236
Δ 2013/2012 ⁽⁴⁾	-13,5%	-4,9%	4,5%	0,4%	-9,0%	0,3%	10,0%	2,6%	1,0%	-3,4%	-3,3%	-3,2%	-3,4%

FIG 6.7 Origen consumo energético viviendas en España.

6.1 Normativa

El 9 de Octubre de 2015 se aprobó oficialmente el Real Decreto que regula el autoconsumo eléctrico con estas condiciones entre las más importantes.

“Obliga a los consumidores que usan las placas solares y están conectados a la red a pagar peajes para el mantenimiento de la red eléctrica.

Un autoconsumidor no pagará el importe de la energía, ni los impuestos, ni los peajes, siempre que la instalación no este “enganchada a la red”, pero sí que contribuirá a los costes de partidas como el sistema eléctrico, el déficit de tarifa acumulado, los gastos extrapeninsulares, los incentivos a las renovables y los pagos por capacidad.



En el caso de instalar baterías habrá que pagar 9 €/año (más impuestos) por cada kW de potencia que ésta permita reducir la potencia que se demanda de la red.

No permite el uso compartido de una instalación de generación entre varios consumidores.”

Este nuevo real decreto obliga prácticamente a cualquier instalación de energía renovable a pagar algún requisito por el hecho de tener una instalación de este tipo.

Mientras en muchos otros países se establece el balance neto, donde un consumidor vierte en la red energía y cuando no hay sol recuperan esa misma cantidad de energía, con un gasto económico muy reducido.

Las normas recogidas en el pliego de condiciones de instalaciones aisladas de red se detalla a continuación, teniéndose en cuenta para su realización y estudio.

“3.6 Cargas de consumo

3.6.1 Lámpara fluorescente de corriente continua Conjunto formado por un balastro y un tubo fluorescente.

4. Diseño

4.1 Orientación, inclinación y sombras

4.1.1 Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado, en el período de diseño, no serán superiores a los valores especificados en la tabla I.

Tabla I

<i>Pérdidas de radiación del generador</i>	<i>Valor máximo permitido (%)</i>
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

4.1.2 El cálculo de las pérdidas de radiación causadas por una inclinación y orientación del generador distintas a las óptimas se hará de acuerdo al apartado 3.2 del anexo I.

4.1.3 En aquellos casos en los que, por razones justificadas, no se verifiquen las condiciones del apartado

4.1.1, se evaluarán las pérdidas totales de radiación, incluyéndose el cálculo en la Memoria de Solicitud.

4.2 Dimensionado del sistema

4.2.1 Independientemente del método de dimensionado utilizado por el instalador, deberán realizarse los cálculos mínimos justificativos que se especifican en este PCT.

4.2.2 Se realizará una estimación del consumo de energía de acuerdo con el primer apartado del anexo I.



4.2.3 Se determinará el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo requerido ($P_{mp,min}$) para cubrir las necesidades de consumo según lo estipulado en el anexo I, apartado 3.4.

4.2.4 El instalador podrá elegir el tamaño del generador y del acumulador en función de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga requerida y de cualquier otro factor que quiera considerar. El tamaño del generador será, como máximo, un 20% superior al P calculado en 4.2.3. En aplicaciones especiales en las que se requieran probabilidades de pérdidas de carga muy pequeñas podrá aumentarse el tamaño del generador, justificando la necesidad y el tamaño en la Memoria de Solicitud.

4.2.5 Como norma general, la autonomía mínima de sistemas con acumulador será de tres días. Se calculará la autonomía del sistema para el acumulador elegido (conforme a la expresión del apartado 3.5 del anexo I). En aplicaciones especiales, instalaciones mixtas eólico-fotovoltaicas, instalaciones con cargador de baterías o grupo electrógeno de apoyo, etc. que no cumplan este requisito se justificará adecuadamente.

4.2.6 Como criterio general, se valorará especialmente el aprovechamiento energético de la radiación solar.

5.2 Generadores fotovoltaicos

5.2.1 Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, o UNE-EN 62108 para módulos de concentración, así como la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre seguridad en módulos FV. Este requisito se justificará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente emitido por algún laboratorio acreditado.

5.2.2 El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

5.2.3 Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria justificación de su utilización.

5.2.3.1 Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65.

5.2.3.2 Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

5.2.3.3 Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 5 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

5.2.3.4 Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células, o burbujas en el encapsulante.

5.2.4 Cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

5.2.5 Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

5.2.6 En aquellos casos en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.



5.4 Acumuladores de plomo-ácido

5.4.1 Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-ácido, preferentemente estacionarias y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque.

5.4.2 Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente (en A) de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor (por existir el apoyo de un generador eólico, cargador de baterías, grupo electrógeno, etc.), se justificará adecuadamente.

5.4.3 La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80 % en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no superará el 60 %.

5.4.4 Se protegerá, especialmente frente a sobrecargas, a las baterías con electrolito gelificado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

5.4.5 La capacidad inicial del acumulador será superior al 90 % de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

5.4.6 La autodescarga del acumulador a 20°C no excederá el 6% de su capacidad nominal por mes.

5.4.7 La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50 % a 20 °C.

5.4.8 El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso, deberá asegurarse lo siguiente: – El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido. – Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

5.4.9 Cada batería, o vaso, deberá estar etiquetado, al menos, con la siguiente información: – Tensión nominal (V) – Polaridad de los terminales – Capacidad nominal (Ah) – Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

5.5 Reguladores de carga

5.5.1 Las baterías se protegerán contra sobrecargas y sobredescargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente.

5.5.2 Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos: – La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida (ver 5.4.3). La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1 %. – La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería. – La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ a $-5\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ por vaso, y estar en el intervalo de $\pm 1\%$ del valor especificado. – Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

5.5.3 Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros, como por ejemplo, el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.



5.5.4 Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo.

5.5.5 El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de: – Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM. – Corriente en la línea de consumo: un 25 % superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

5.5.6 El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

5.5.7 Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de consumo y corriente en la línea generador-acumulador igual a la corriente máxima especificada para el regulador. Si las caídas de tensión son superiores, por ejemplo, si el regulador incorpora un diodo de bloqueo, se justificará el motivo en la Memoria de Solicitud.

5.5.8 Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

5.5.9 Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

5.5.10 Las tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga serán distintas de las de desconexión, o bien estarán temporizadas, para evitar oscilaciones desconexión-reconexión.

5.5.11 El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información: – Tensión nominal (V) – Corriente máxima (A) – Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie – Polaridad de terminales y conexiones

5.6 Inversores 5.6.1 Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fijos). Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes. 5.6.2 Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas. 5.6.3 Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas, de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor. 5.6.4 El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema. 5.6.5 La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes, en cualquier condición de operación:

$V_{NOM} \pm 5 \%$, siendo $V_{NOM} = 220 V_{RMS}$ o $230 V_{RMS}$

5.6.6 El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

5.6.7 El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque (TV, motores, etc.), sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.



5.6.8 Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones: – Tensión de entrada fuera del margen de operación. – Desconexión del acumulador. – Cortocircuito en la salida de corriente alterna. – Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

5.6.9 El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2 % de la potencia nominal de salida.

5.6.10 Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5 % del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío (sin carga).

5.6.11 El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la

Tabla II

Tipo de inversor		Rendimiento al 20 % de la potencia nominal	Rendimiento a potencia nominal
Onda senoidal (*)	$P_{NOM} \leq 500 \text{ VA}$	> 85 %	> 75 %
	$P_{NOM} > 500 \text{ VA}$	> 90 %	> 85 %
Onda no senoidal		> 90 %	> 85 %

(*) Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 % hasta el 100 % de la potencia nominal.

5.6.12 Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA)
- Tensión nominal de entrada (V)
- Tensión (V_{RMS}) y frecuencia (Hz) nominales de salida $_{RMS}$

- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad y terminales

5.7 Cargas de consumo

5.7.1 Se recomienda utilizar electrodomésticos de alta eficiencia.

5.7.2 Se utilizarán lámparas fluorescentes, preferiblemente de alta eficiencia. No se permitirá el uso de lámparas incandescentes.

5.7.3 Las lámparas fluorescentes de corriente alterna deberán cumplir la normativa al respecto. Se recomienda utilizar lámparas que tengan corregido el factor de potencia.

5.7.4 En ausencia de un procedimiento reconocido de cualificación de lámparas fluorescentes de continua, estos dispositivos deberán verificar los siguientes requisitos: – El balastro debe asegurar un encendido seguro en el margen de tensiones de operación, y en todo el margen de temperaturas ambientes previstas. – La lámpara debe estar protegida cuando: – Se invierte la polaridad de la tensión de entrada. – La salida del balastro es cortocircuitada. – Opera sin tubo. – La potencia de entrada de la lámpara debe estar en el margen de $\pm 10\%$ de la potencia nominal. – El rendimiento luminoso de la lámpara debe ser superior a 40 lúmenes/W. – La lámpara debe tener una duración mínima de 5000 ciclos cuando se aplica el siguiente ciclado: 60 segundos encendido/150 segundos apagado, y a una temperatura de 20 °C. – Las lámparas deben cumplir las directivas europeas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

5.7.5 Se recomienda que no se utilicen cargas para climatización.



5.7.6 Los sistemas con generadores fotovoltaicos de potencia nominal superior a 500 W tendrán, como mínimo, un contador para medir el consumo de energía (excepto sistemas de bombeo). En sistemas mixtos con consumos en continua y alterna, bastará un contador para medir el consumo en continua de las cargas CC y del inversor. En sistemas con consumos de corriente alterna únicamente, se colocará el contador a la salida del inversor.

5.7.7 Los enchufes y tomas de corriente para corriente continua deben estar protegidos contra inversión de polaridad y ser distintos de los de uso habitual para corriente alterna.

5.7.8 Para sistemas de bombeo de agua:

5.7.8.1 Los sistemas de bombeo con generadores fotovoltaicos de potencia nominal superior a 500 W tendrán un contador volumétrico para medir el volumen de agua bombeada.

5.7.8.2 Las bombas estarán protegidas frente a una posible falta de agua, ya sea mediante un sistema de detección de la velocidad de giro de la bomba, un detector de nivel u otro dispositivo dedicado a tal función.

5.7.8.3 Las pérdidas por fricción en las tuberías y en otros accesorios del sistema hidráulico serán inferiores al 10% de la energía hidráulica útil proporcionada por la motobomba.

5.7.8.4 Deberá asegurarse la compatibilidad entre la bomba y el pozo. En particular, el caudal bombeado no excederá el caudal máximo extraíble del pozo cuando el generador fotovoltaico trabaja en CEM. Es responsabilidad del instalador solicitar al propietario del pozo un estudio de caracterización del mismo. En ausencia de otros procedimientos se puede seguir el que se especifica en el anexo I”

7. Resultados y elementos escogidos.

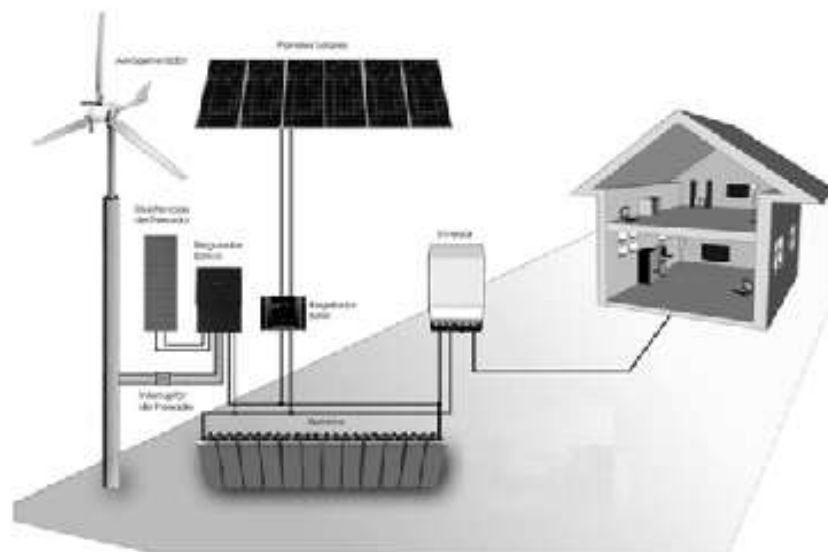


FIG 7.1 Esquema sistema híbrido.

7.1 Sistema aerogenerador

En los sistemas híbridos para viviendas aisladas, se precisan de aerogeneradores de potencia baja entre 1 y 10 Kw de potencia como se muestra en la **Figura 7.2**.

Clasificación de aerogeneradores de eje horizontal para producción eléctrica en función de su potencia			
Denominación	P_N (kW)	R (m) ⁴	Aplicaciones
Muy baja ⁵	< 1	< 1	Embarcaciones, sistemas de comunicación, refugios de montaña, iluminación...
	1-10	1-3	Granjas, viviendas aisladas (sistemas LO-IV), bombeo...
Baja	10-100	3-9	Comunidades de vecinos, PYML's (sistemas mixtos EO-diésel), drenaje, tratamiento de aguas...
Media	100-1.000	9-27	Parques Eólicos (terreno complejo).
Alta	1.000-10.000	27-81	Parques Eólicos (terreno llano, mar adentro).
Muy alta	> 10.000	> 81	En fase de investigación y desarrollo, requieren nuevos diseños y materiales no convencionales. Suponen un salto tecnológico. No antes del año 2010.

FIG 7.2 Potencia aerogeneradores en función de su instalación.

Por ello y por la altura a la cuál puede alzarse gracias a su torre escogida de 12 metros, se selecciona el aerogenerador Enair 30.

Potencia Nominal Curva	1500 W
Potencia Máx	3000 W
Tensión	48 V
Generador	Imanes permanentes Neodimio
Velocidad arranque	2 m/s
Velocidad nominal	12 m/s
Velocidad Reg. PV	14m/s
Velocidad Límite	60m/s
Velocidad Generador	250 rpm
Altura de la Torre	12 metros
Eficiencia Inversor	0.95%
Diámetro aspas	4.1 m

Tabla 7.1 Características Aerogenerador Enair 30.

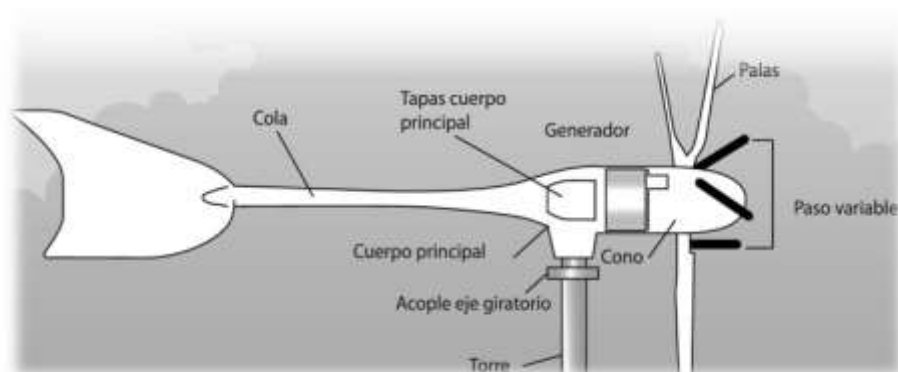


FIG 7.3 Composición aerogenerador eólico.

El funcionamiento del aerogenerador será explicado en detalle a partir de la información de la hoja de características del mismo.

“Como generadores eólico de baja potencia, tiene ventajas como no necesitarse grandes espacios para su instalación, opción de tener conexión a red por si fuera estimado oportuno, nulas pérdidas por transporte,

El sistema de flujo de aire en el rotor es a barlovento, incidiendo de manera perpendicular con las aspas y después con la góndola y la torre evitando turbulencias. Las aspas disponen de un sistema de control. Su ángulo de ataque varía en función de la velocidad del viento. Esto permite controlar la velocidad de rotación, para en caso de vientos fuertes, que podrían poner en peligro la instalación, las aspas presenten la mínima oposición al viento, con lo que la hélice se detendría.



El rendimiento del aerogenerador es el que ofrezca el rotor. El límite de potencia ideal es del entorno del 59% y se conoce como límite de Betz, ya que las aspas sólo transferirán como mucho esa cantidad de energía, aunque debido a las pérdidas de los elementos interiores como el generador, el inversor o desalineación del rotor, en forma de calor u otras, ese rendimiento máximo es menor. El rendimiento es un 75% del límite de Betz.

El encargado de generar la energía eléctrica a partir de la cinética es el generador. El generador está compuesto por imanes permanentes de neodimio encapsulados en el rotor y atornillados con 24 polos y soportados por un fuerte eje central y dos rodamientos laterales. Su diseño permite un fácil arranque sin ofrecer resistencia, lo que facilita que a unos 2 m/s de viento empiece a rodar y a producir electricidad.

Genera energía alterna que posteriormente se rectificará y convertirá en continua.



FIG 7.4 Timón de orientación y generador eléctrico del aerogenerador.

El timón es el encargado de guiar al generador en la dirección del viento aprovechando la fuerza centrífuga del giro del aerogenerador a partir de la fuerza y dirección del viento, permite enfocar al aerogenerador seguir la dirección óptima del viento.

El sistema de control tratará de que la turbina funcione consecuentemente a las condiciones atmosféricas y chequeará para proteger al sistema ante averías, exceso de viento detectándolo con transductores, vibraciones, etc...

El regulador será el encargado de proteger al sistema de acumulación de sobrecargas por parte del generador eléctrico, con una eficiencia de entre 93% y el 97%.

El regulador de carga de las baterías, es totalmente electrónico y programable, flexible ante distintos tipos de batería. Consta de un filtro PWM que al detectar la tensión, regula la carga de las baterías y posee una derivación a resistencias, por microimpulsos, hasta que finalmente frena el Aerogenerador por medio de la inducción electromagnética que provocan las resistencias.

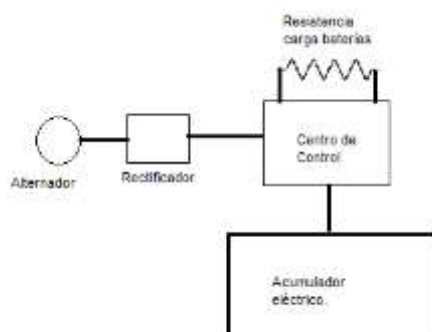


FIG 7.5 Centro de control del aerogenerador para prevención del sistema acumulación.

Situar un Aerogenerador sobre viviendas aisladas, aparte de tener en cuenta la orografía del terreno, hay que considerar las turbulencias propias de que genera el viento sobre la propia vivienda, como se ve en la siguiente figura. Lo recomendable es sobrepasar en 5m la altura de la vivienda y alejarse entre 10 y 15 metros de la misma, no obstante depende de la rosa de vientos y del estudio eólico previo en cada ocasión.”

El aerogenerador estará situado a 10 m.s.n.m y entre 50 y 60 metros distante de la vivienda

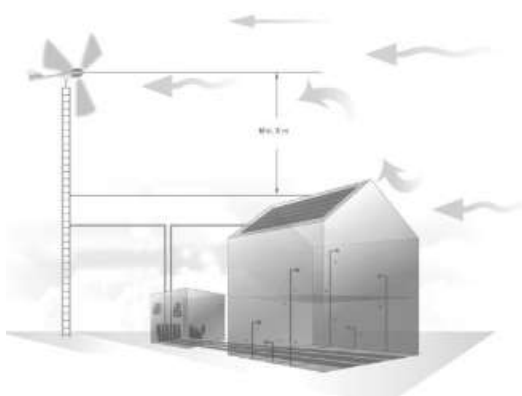


FIG 7.6 Esquema distanciamiento de la vivienda y del generador.

7.2 Sistema fotovoltaico

Se estima que el sistema fotovoltaico debe estar configurado por 10 ventanas fotovoltaicas de Onyx solar policristalinas de $225 W_p$, en dos bloques en serie de 5 cristales en paralelo, para cubrir la tensión de trabajo del sistema, 48 V.

El sistema contará con una potencia de $2250 W_p$, para poder trabajar, ya que a $1800 W_p$ no cubre generación necesaria de energía. A $2250 W_p$ complementariamente con el sistema eólico y poder garantizar el consumo de la vivienda en los meses de menor aporte eólico. Se consigue que la diferencia de energía entre los dos sistemas para el mes de mayor aporte de energía y el menor sea de sólo un 5%.

Ángulo inclinación del sistema fotovoltaico sea de 62° .

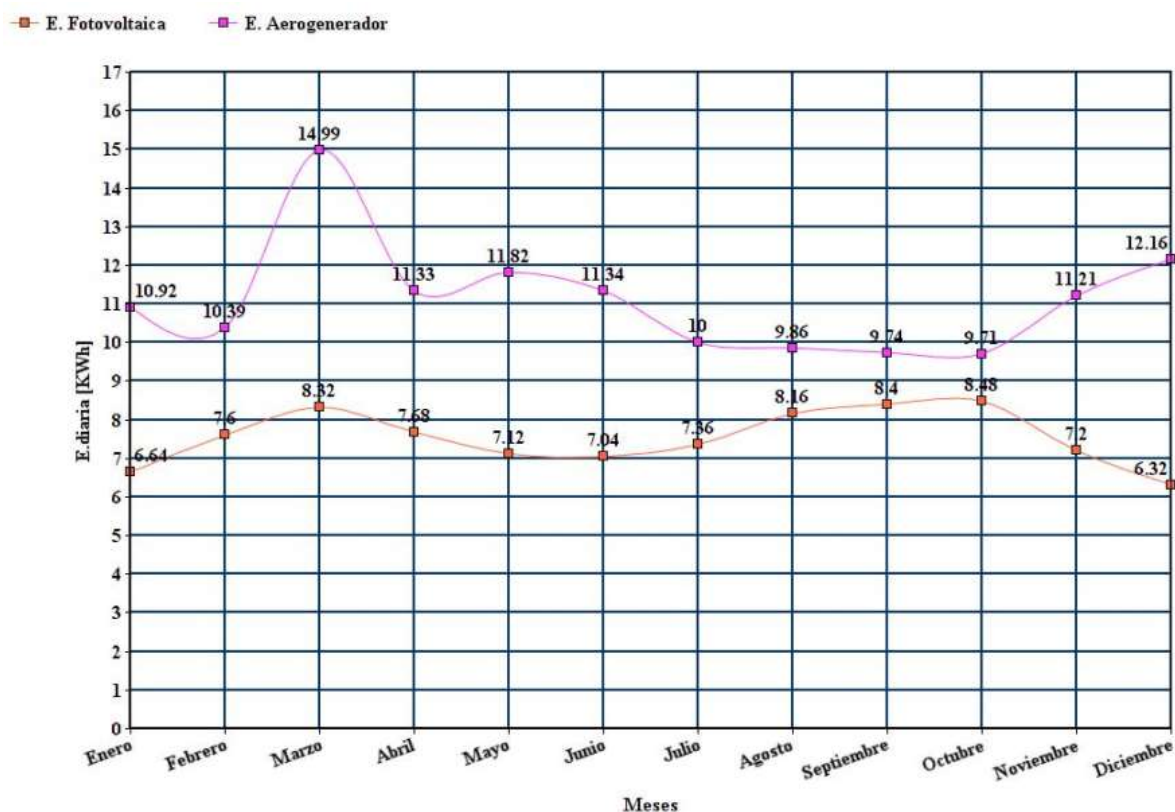


FIG 7.7 Energía mensual instalación fotovoltaica (1800 W_P) y aerogenerador para 62°.

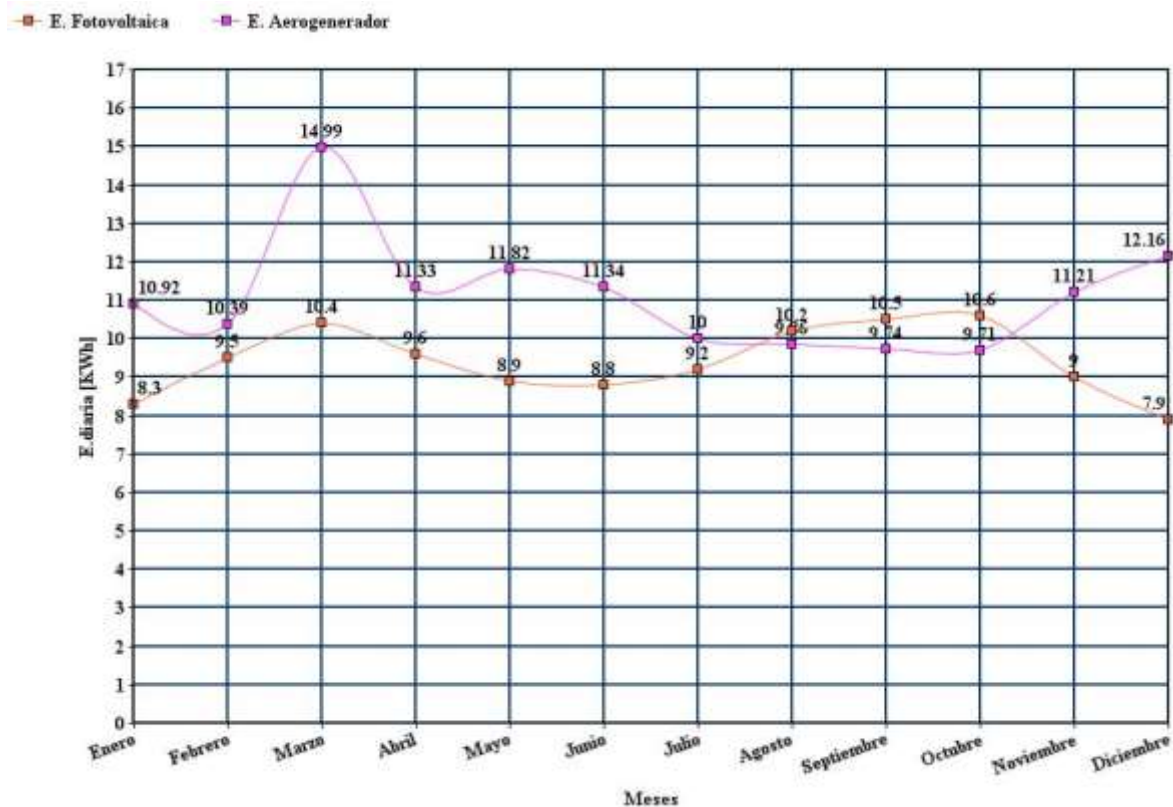


FIG 7.8 Energía mensual instalación fotovoltaica (2250 W_P) y aerogenerador para 62°.



Meses	Ea+20° [KWh]	Ea+32° [KWh]	Ea+38° [KWh]	Ea+44° [KWh]	Ea+50° [KWh]	Ea+56° [KWh]	Ea+62° [KWh]	Ea+65° [KWh]	Ea+68° [KWh]
Enero	17.52	18.32	18.62	18.92	19.12	19.22	19.22	19.12	19.12
Febrero	18.69	19.39	19.69	19.89	19.99	19.99	19.89	19.79	19.69
Marzo	25.59	25.99	26.09	26.09	25.99	25.69	25.39	25.19	24.99
Abril	22.93	22.83	22.63	22.33	21.93	21.43	20.93	20.53	20.23
Mayo	24.42	23.82	23.42	22.92	22.32	21.52	20.72	20.32	19.82
Junio	25.24	24.24	23.64	22.94	22.04	21.14	20.14	19.64	19.14
Julio	24.00	23.10	22.50	21.90	21.10	20.20	19.20	18.70	18.20
Agosto	23.16	22.86	22.56	22.06	21.46	20.86	20.06	19.66	19.16
Septiembre	21.04	21.34	21.34	21.24	20.94	20.64	20.24	19.94	19.64
Octubre	19.41	20.11	20.41	20.51	20.51	20.51	20.31	20.21	20.01
Noviembre	18.51	19.41	19.71	20.01	20.11	20.21	20.21	20.21	20.11
Diciembre	18.16	19.06	19.46	19.66	19.86	19.96	20.06	20.06	20.06
Valor mínimo	17.52	18.32	18.62	18.92	19.12	19.22	19.20	18.70	18.20
Valor máximo	25.59	25.99	26.09	26.09	25.99	25.69	25.39	25.19	24.99
Diferencia	8.07	7.67	7.47	7.17	6.87	6.47	6.19	6.49	6.79
Energía total anual	7874.98	7928.58	7915.78	7866.38	7771.48	7649.08	7496.28	7404.78	7307.08
% respecto áng. óptimo	0.99	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92

Tabla 7.2 Cálculo de energía conjunta de ambos sistemas y diversas angulaciones.

La tensión del sistema vendrá dada por la potencia máxima requerida a diario en la instalación. Al ser ésta de 3000W, se decide un sistema de tensión 48 V para lograr una mayor eficiencia.

Potencia máxima demandada [W]	Tensión del sistema híbrido. [V]
< de 1500 W	12 V
Entre 1500 y 5000 W	24 V ó 48 V
> de 5000 W	120V ó 300 V

FIG 7.9 Relación entre potencia máxima y tensión del sistema.

Potencia Nominal	225.02 W _p
Tensión Circuito Abierto	37.3 V
Corriente Cortocircuito	8.2 A
Tensión a potencia Nominal	29.3 V
Corriente a Potencia Nominal	7.68 A
Dimensiones	1641 * 989 mm



Tabla 7.3 FIG 7.10 Características cristal fotovoltaico y aplicación en vivienda.

7.3 Inversor

La máxima potencia que la vivienda demandará en corriente alterna por la vivienda será de 3000 W y con tensión nominal 48 V.

De esta manera, para calcular la potencia nominal del inversor se dará un margen de incremento de un 35% sobre la potencia máxima prevista

inversor DC/AC senoidal puro ATERSA TAURO BC 5048/V,

Potencia nominal	5000 W
Potencia Máxima en picos de arranque	1500 W
Tensión nominal de entrada	48 V _{CC}
Tensión nominal de salida	230 V _{AC}
Corriente máxima	350 A
Rendimiento	93 %
Frecuencia	50±0.1 %Hz
Tipo de onda	Senoidal pura
Medidas	678* 330* 223 mm



Tabla 7.4 Características del Inversor Atersa Tauro BC 5048/V.

7.4 Regulador de Carga

El regulador de carga deberá soportar una corriente de entrada un 25% superior a la máxima que sea capaz de generar el sistema fotovoltaico, y una corriente un 25% superior a la máxima corriente demandada por la vivienda en el momento de máximo consumo. Al ser de tipo Mppt optimiza y adapata la respuesta del sistema fotovoltaico al régimen de carga de las baterías, las cuales no dejará de cargar aunque sea en modo lento, mientras no esté cargada totalmente, aunque la tensión de éstas se asemeje próximo al valor del sistema fotovoltaico.



Se selecciona el Regulador de carga Victronenergy Blue Solar MPPT 150-70, por cumplir todos los requisitos anteriormente requeridos, adjuntando sus características en la siguiente tabla.

Potencia Máxima entrada a 48 V	4000 W
Tensión nominal de las baterías	12 - 48 V _{CC}
Tensión máxima en OC del Sist FV	145 – 150 V _{CC}
Corriente de entrada máxima	70 A
Rendimiento (48V)	97.5 %
Medidas	350 * 160 * 135 mm



Tabla 7.5 FIG 7.11 Características del Regulador de carga MPPT 150-70.

7.5 Sistema de Acumulación

La capacidad que el sistema deberá tener será de 2140.1 A_H y tensión de 48 V para el sistema. Por ello se opta por el sistema de acumulación Victron Energy 12 V 220 Ah. Su electrolito gelificado aumenta su vida útil, garantizando una gran cantidad de ciclos de carga y descarga realizando descargas de gran cantidad de energía a altas temperaturas. Su tensión permanece muy constante y son muy recomendables para el uso con inversores.

Tensión nominal de trabajo	12 V
Capacidad	220 A _H
Tipo de batería	Batería de gel
Duración de vida a profundidad de descarga 80 %	500 ciclos
Duración de vida a profundidad de descarga 50 %	750 ciclos
Duración de vida a profundidad de descarga 30 %	1800 ciclos
Medidas	522x238x240



Tabla 7.6 FIG 7.12 Características del Acumulador Victron Energy 12V 220Ah.

Será conformado por 4 baterías en serie para conseguir los 48 V del sistema y 10 baterías en paralelo para lograr cubrir la capacidad requerida



7.6 Sistema Híbrido, Justificación.

El motivo por el que se opta por un sistema híbrido, es debido a que ambas en conjunto aportan al sistema los beneficios que ambas poseen en cuanto a transformación de energía, ya que cuando menos energía aporta uno de los sistemas, el otro le complementa justamente en su mayor aportación.

En invierno es cuando menos radiación solar y horas de sol inciden, pero el viento es justo cuando mejores prestaciones produce, Justo al contrario que en verano, donde se producen largos períodos con poco o nulo viento, pero es cuando mayor radiación existe y el sistema fotovoltaico complementa al aerogenerador en el aporte de energía.

Si no fuese así, y utilizáramos sólo uno de los dos sistemas, se maximizaría en gran cantidad el número de baterías necesarias en el sistema.

Por ello finalmente se decide la instalación de un sistema híbrido, por mayor fiabilidad energética y porque no necesitará de un gran dimensionamiento.

El sistema de vidrios FV de 2250 W_p transforma la radiación solar en electricidad de corriente continua, por el cableado hasta llegar a su regulador, el cuál ejercerá el control necesario para el llenado de las baterías sin dañarlas. EN la vivienda se consumirá energía alterna, por lo que el acumulador será la referencia a la hora de alimentar la vivienda. Su tensión nominal será de 48V

El aerogenerador de 1500 W_p de potencia, transforma la energía del viento a energía eléctrica y a través del generador, de manes permanentes, genera una corriente alterna que en el rectificador del propio aerogenerador se transformará a corriente continua de 48V.

Un centro de control hará la función de regulador de carga y permitirá o no la actuación del aerogenerador y el paso de la corriente hacia el sistema de acumulación, según el modo de carga de las baterías para su mejor conservación, eficacia proporcionando la energía eléctrica óptima en cada caso.

El sistema de acumulación debe asegurar el suministro de energía diario de la vivienda así como los ciclos de carga y descarga. Por ello se opta por un conjunto de baterías Plomo-Ácido con electrolito gelificado de 12 V y 220 Ah de capacidad. En conjunto trabajará a una tensión de 48 V y tendrá una capacidad de 2200 Ah.

Para su carga se realiza generando una tensión mayor a la nominal de éstas, siempre que no exceda su tensión de fin de carga.

Todo el sistema entrega corriente continua, por lo que se emplea un inversor de 5000 W de potencia, para dar soporte al sistema de consumo ante picos de arranque, que requerirá de potencias de 3000 W, pero estableceremos un rango de seguridad. El inversor generará una corriente senoidal pura de 50 Hz, una corriente máxima de 350 A y una tensión de 230V

Se suministrará con la instalación energía de forma constante sin ninguna restricción a ello.

8. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

8.1 Introducción

Como ya se avanzó al inicio de la memoria, se va a analizar el diseño de un sistema híbrida de energía eólico-fotovoltaica aislado de la red eléctrica, con el propósito de estudiar la viabilidad de poder llevar a la vida real una instalación tan compleja.

La razón de este estudio se produjo cuando un estudio reciente, señalaba que España era el país de la Unión Europea donde más se había incrementado el precio de la luz durante las crisis económica, en concreto un 52%, justo en un momento en el cuál el coste de la vida se ha visto incrementado. Sólo en Alemania, Dinamarca e Irlanda el coste es mayor.

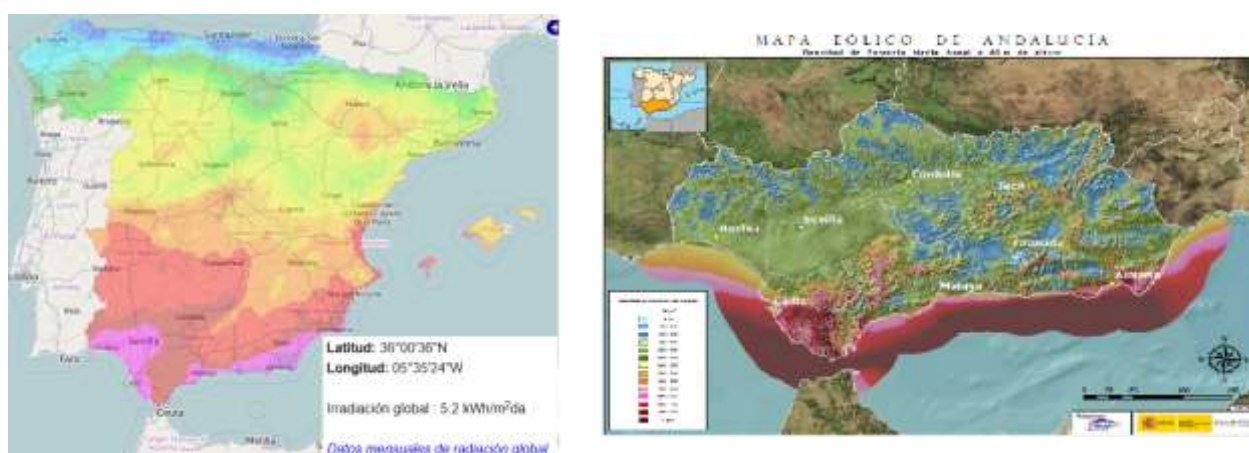


FIG 8.1 Mapa de radiación solar en España y eólico en Andalucía.

España, como se ha ido desgranando en anteriores capítulos, ocupa un lugar de privilegio en Europa desde el punto de vista energético tanto en energía eólica, como en energía solar, pudiendo autoabastecer una buena cantidad de su consumo energético.

Con el fin comprobar si sería posible desde un punto de vista energético y económico, se muestran los resultados del estudio.

8.2 Localización

La localización de la instalación estará situada al norte de la población de Tarifa (Cádiz) ver **FIG 8.2**, al considerarse que reúne las condiciones idóneas para la instalación debido a un clima no extremo en invierno, y un verano que aún siendo algo cálido, no recoge datos de calor excesivo en comparación con otras zonas de la península, lo cuál será beneficioso desde el punto de vista de habitabilidad y de rendimiento en la instalación. La vivienda estará elevada 1 metro sobre el nivel del mar.

La parcela donde se asienta ocupará una superficie de 5000 m², haciendo viable y posible la no interferencia entre ninguno de los dos sistemas de energía, al haber la suficiente distancia entre ellos, en torno a los 60 metros de distancia, para que el generador eólico no reciba aire con turbulencias en la dirección de la vivienda, ver **FIG 8.3**.

Al provenir con mayor frecuencia durante el año el viento en el emplazamiento por direcciones este-oeste, ver **FIG 8.5**, se decide que la vivienda se sitúe al noreste de aerogenerador, al ser de las frecuencias de viento más bajas.



FIG 8.2 Municipio de Tarifa visto desde satélite.

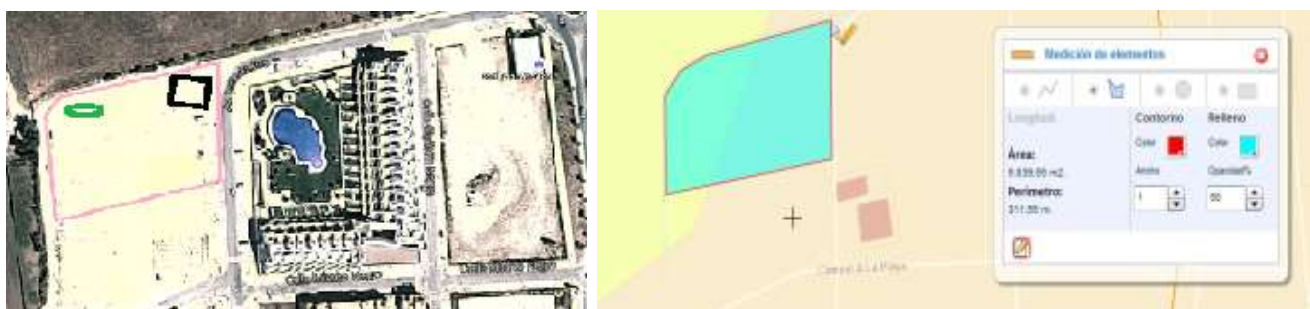


FIG 8.3 Área detallada del contorno y superficie donde se situará la vivienda.

Donde la zona marcada en color negro será la delimitación de la vivienda, donde instalaremos el sistema fotovoltaico, mientras que la zona delimitada en verde será la destinada al aerogenerador.

Latitud	36° 00' 36" N
Longitud	05° 35' 24" W

FIG 8.4 Datos de latitud y longitud de la población de Tarifa.



FIG 8.5 Frecuencias de dirección del viento en emplazamiento.



Por último, los cristales fotovoltaicos estarán situados en el tejado de la vivienda para poder captar una energía media anual muy estable, y aprovechando que a una altura de 8 metros sobre el suelo no habrá interferencias con obstáculos de la calle, ni árboles alrededor, poder obtener una ventilación relativa, de manera más habitual y rendir en condiciones de menos temperatura, que en el caso de no tener ventilación.

8.3 Potencia y Consumo de la vivienda

Para el caso de viviendas aisladas de la red, se precisa de poner especial atención en el consumo y potencia requerida en la instalación, ya que se requiere del uso eficiente de los dispositivos eléctricos.

Por ello se ha precisado el uso de dispositivos de iluminación y consumo de bajo consumo para reducir el consumo energético en la instalación para reducir en lo posible los aparatos que conforman el sistema de energía híbrida. Para ello se emplearán lámparas y luces con tecnología led en la mayoría de los casos o en menor cuantía, lámparas fluorescentes, debido a su poca potencia y consumo a la vez que un gran rendimiento en condiciones luminosas.

La instalación será en corriente alterna y se tomará que todos los dispositivos consumirán esta corriente eléctrica, así como instantes de requerimientos de potencia mayores que la nominal de los dispositivos.

Dichos consumos estimados son expuestos a continuación.

Lugares de la casa	Nº luces	Potencia Eléctrica (w)	Horas de uso diaria	Demanda Energética día [W]
Cocina	2	36	3.00	216.00
Luces salon	3	25	2.00	150.00
Lampara comedor	2	25	1.00	50.00
Habitación 1	4	11	1.50	66.00
Habitación 2	3	9	3.00	81.00
Habitación 3	3	9	3.00	81.00
Patio/Jardin/Bohardilla	4	25	3.00	300.00
Baño 1	1	25	0.20	5.00
Baño 2	3	11	1.00	33.00
Pasillos	3	11	0.50	16.50
Garaje	3	15	0.20	9.00
	1	25	0.20	5.00
	Potencia Electrica total [W]	606	Total Energía consumida [W]	1012.50

Tabla 8.1 Potencia y Consumo del sistema de iluminación.



Aparatos de consumo eléctrico	Potencia Eléctrica [W]	Horas de uso diario [H]	Consumo Eléctrico [W]
Lavadora	800	1.50	1000
Bomba frio/calor	1500	4.00	2800
Frigorífico/ Congelador	300	24.00	2400
Lavavajillas	800	2.00	1200
Bomba y calentador del agua	1000	2.00	1800
Televisión	200	4.00	680
PC y Router	200	4.00	600
Microondas	1200	0.40	400
Horno, fuegos	1500	2.00	1700
Otros (uso esporádico)	1000	2.00	1500
Potencia Eléctrica total [W]	8500	Total Energía consumida [Wh]	14080

Tabla 8.2 Potencias nominales y consumo de los Aparatos eléctricos.

Finalmente:

Consumo total de la vivienda = $14080 + 1012.5 = 15092.5 \text{ W}$

Potencia total de la vivienda = $606 + 8500 = 9106 \text{ W}$

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas de Red en España del IDAE, se calculará el consumo máximo por día del regulador de carga y del inversor.

Consumo Máx. diario del regulador y del inversor:

- 3% del consumo total para el regulador = 453 Wh/día
- 5% del consumo total para el inversor = 755 Wh/día
- Consumo regulador e inversor: $453 + 755 = 1208 \text{ Wh/día}$

Para calcular el consumo diario total, sumaremos el consumo diario estimado junto al estimado que consumirán de máximo regulador e inversor.

Consumo energía_{total} diaria: $E_D = 15092.5 + 1208 = 16300.5 \text{ Wh/día}$

También se realizará una estimación gráfica del consumo y la potencia diaria en cada instante con el fin de conseguir que el sistema en esas condiciones dé servicio energético, sin interrumpirse la alimentación en ningún momento.

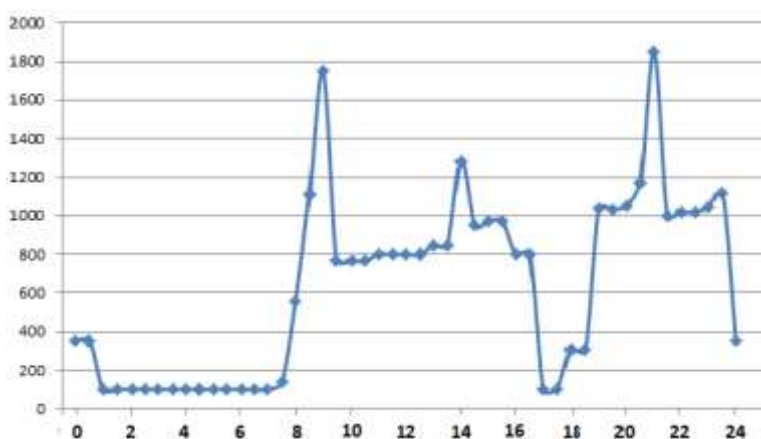


FIG 8.6 Consumo energético requerido hora a hora en la vivienda.

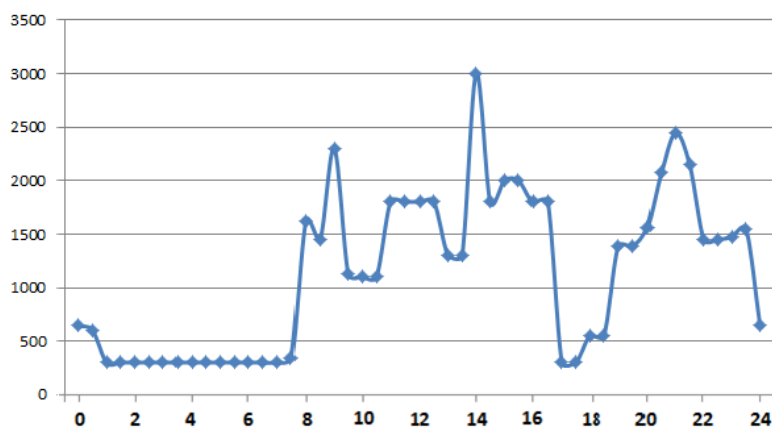


FIG 8.7 Potencia energética requerida hora a hora en la vivienda.

Los momentos de mayor consumo energético son las horas de preparación de las respectivas comidas, con valores de consumo del entorno a los 2000 y 3000 W_p.

El momento de mayor requerimiento de potencia en la vivienda se dará a las 15:00 horas, al estar en funcionamiento el frigorífico, el microondas, y el fuego de la cocina, todos al mismo tiempo. La potencia máxima que todos esos aparatos podrían requerir si todos funcionasen al 100%, sería de 3000 W_p.

Este valor se tendrá en cuenta a la hora de elegir el regulador de carga que protegerá de la carga y la descarga a la baterías de acumulación energética.

Como en nuestro estudio estimado, la potencia máxima requerida por la instalación es de 3000 W_p, de acuerdo a la tabla siguiente, se optará por un sistema que trabaje a una tensión de 48 V. Además trabajar al máximo voltaje posible siempre es más eficiente. Por ello el sistema de acumulación será quien fije dependiendo de su carga, la tensión de trabajo del sistema.



Potencia máxima demandada [W]	Tensión del sistema híbrido. [V]
< de 1500 W	12 V
Entre 1500 y 5000 W	24 V ó 48 V
> de 5000 W	120V ó 300 V

Tabla 8.3 Relación entre potencia máxima y tensión del sistema.

8.4 Cálculos y análisis económico

En este apartado vamos a mostrar los datos y resultados obtenidos sobre el sistema híbrido, determinando la potencia del sistema fotovoltaico y del sistema eólico, y a partir de esos resultados, averiguar los parámetros de los aparatos que conformarán el resto de la instalación.

8.4.1 Cálculos eólicos

Para realizar los cálculos energéticos del aerogenerador eólico, necesitamos conocer los datos de viento en el emplazamiento, así como la curva característica de potencia del aerogenerador eólicos

Los datos de viento han sido obtenidos entre el 1 de Enero de 2013 y el 31 de Diciembre de 2014 a través de la página web dedicada a energía eólica windguru.cz. En los anexos existe un enlace directo.

Los datos en dicha página web son medidos a una altura de 10 m.s.n.m y se

El aerogenerador escogido es el Enair 30, de la familia de minigeneradores eólicos, de 1500 W de potencia nominal, muy útiles en instalaciones de viviendas aisladas, con un buen rendimiento desde velocidades bajas.

El aerogenerador estará situado a una altura de 12 m sobre el suelo, en la torre de sujeción acoplada por el fabricante. Debido a la poca rugosidad del terreno al ser completamente liso y ofrecerse los datos de viento a una altura prácticamente igual a la altura del aerogenerador, se tomará que el viento circulante a 10 metros sobre el suelo, sea el viento que incida en fuerza y proporción en el aerogenerador.

En las siguientes tablas se conocerá la distribución de frecuencias de viento del viento (Distribución Rayleigh) mes a mes, la potencia que crea a cada velocidad del rango, y la potencia final que genera de media cada hora.



Potencia Nominal Curva / Max	1500 W / 3000 W
Tensión	48 V
Generador	Imanes permanentes Neodimio
Velocidad arranque	2 m/s
Velocidad nominal	12 m/s
Velocidad Reg. PV	14m/s
Velocidad Límite	60m/s
Velocidad Generador	250 rpm
Altura de la Torre	12 metros
Eficiencia Inversor	0.95%
Diámetro aspas	4.1 m

Tabla 8.4 Características Aerogenerador Enair 30.

8.4.1.1 Frecuencia y potencia eólica

ENERO

Velocidad del viento (m/s)	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.070	0	0.00
2.00	0.103	100	10.30
3.00	0.163	150	24.45
4.00	0.185	250	46.25
5.00	0.140	500	70.00
6.00	0.113	800	90.40
7.00	0.075	1000	75.00
8.00	0.060	1150	69.00
9.00	0.028	1300	36.40
10.00	0.008	1550	12.40
11.00	0.012	1570	18.84
12.00	0.008	1590	12.72
13.00	0.006	1600	9.60
14.00	0.004	1605	6.42
15.00	0.008	1610	12.88
16.00	0.004	1615	6.46
17.00	0.004	1620	6.48
18.00	0.006	1625	9.75
Total Energía Día	1.00		517.35

Tabla 8.5 Cálculo potencia hora mes de Enero.



FEBRERO

Velocidad del viento (m/s)	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.064	0	0.00
2.00	0.147	100	14.70
3.00	0.196	150	29.40
4.00	0.167	250	41.75
5.00	0.114	500	57.00
6.00	0.083	800	66.40
7.00	0.058	1000	58.00
8.00	0.058	1150	66.70
9.00	0.020	1300	26.00
10.00	0.038	1550	58.90
11.00	0.013	1570	20.41
12.00	0.009	1590	14.31
13.00	0.007	1600	11.20
14.00	0.004	1605	6.42
15.00	0.007	1610	11.27
16.00	0.002	1615	3.23
17.00	0.002	1620	3.24
18.00	0.002	1625	3.25
19.00	0	1630	0.00
Total Energía Día	1.00		492.18

Tabla 8.6 Cálculo potencia hora mes de Febrero.



MARZO

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.038	0	0.00
2.00	0.063	100	6.30
3.00	0.100	150	15.00
4.00	0.153	250	38.25
5.00	0.139	500	69.50
6.00	0.131	800	104.80
7.00	0.108	1000	108.00
8.00	0.067	1150	77.05
9.00	0.042	1300	54.60
10.00	0.024	1550	37.20
11.00	0.022	1570	34.54
12.00	0.008	1590	12.72
13.00	0.012	1600	19.20
14.00	0.016	1605	25.68
15.00	0.018	1610	28.98
16.00	0.010	1615	16.15
17.00	0.012	1620	19.44
18.00	0.018	1625	29.25
19.00	0.004	1630	6.52
20.00	0.002	1635	3.27
21.00	0.002	1640	3.28
22.00	0	1645	0.00
Total Energía Día	1.00		709.73

Tabla 8.7 Cálculo potencia hora mes de Marzo.



ABRIL

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.067	0	0.00
2.00	0.120	100	12.00
3.00	0.148	150	22.20
4.00	0.170	250	42.50
5.00	0.133	500	66.50
6.00	0.095	800	76.00
7.00	0.085	1000	85.00
8.00	0.063	1150	72.45
9.00	0.033	1300	42.90
10.00	0.027	1550	41.85
11.00	0.017	1570	26.69
12.00	0.006	1590	9.54
13.00	0	1600	0
14.00	0.004	1605	6.42
15.00	0.002	1610	3.22
16.00	0.008	1615	12.92
17.00	0.002	1620	3.24
18.00	0.008	1625	13.00
19.00	0	1630	
Total Energía Día	1.00		536.43

Tabla 8.8 Cálculo potencia hora mes de Abril.



MAYO

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.048	0	0.00
2.00	0.076	100	7.60
3.00	0.192	150	28.80
4.00	0.181	250	45.25
5.00	0.135	500	67.50
6.00	0.079	800	63.20
7.00	0.069	1000	69.00
8.00	0.079	1150	90.85
9.00	0.042	1300	54.60
10.00	0.026	1550	40.30
11.00	0.006	1570	9.42
12.00	0.012	1590	19.08
13.00	0.018	1600	28.80
14.00	0.008	1605	12.84
15.00	0.004	1610	6.44
16.00	0.002	1615	3.23
17.00	0.004	1620	6.48
18.00	0.004	1625	6.50
19.00	0	1630	0.00
Total Energía Día	1.00		559.89

Tabla 8.9 Cálculo potencia hora mes de Mayo.



JUNIO

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.083	0	0.00
2.00	0.042	100	4.20
3.00	0.185	150	27.75
4.00	0.213	250	53.25
5.00	0.123	500	61.50
6.00	0.054	800	43.20
7.00	0.065	1000	65.00
8.00	0.033	1150	37.95
9.00	0.027	1300	35.10
10.00	0.025	1550	38.75
11.00	0.029	1570	45.53
12.00	0.035	1590	55.65
13.00	0.017	1600	27.20
14.00	0.008	1605	12.85
15.00	0.004	1610	6.44
16.00	0.010	1615	16.15
17.00	0.002	1620	3.24
18.00	0.002	1625	3.25
19.00	0	1630	0.00
Total Energía Día	1.00		537.00

Tabla 8.10 Cálculo potencia hora mes de Junio.



JULIO

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.119	0	0.00
2.00	0.106	100	10.60
3.00	0.135	150	20.25
4.00	0.197	250	49.25
5.00	0.161	500	80.50
6.00	0.083	800	66.40
7.00	0.046	1000	46.00
8.00	0.030	1150	34.50
9.00	0.028	1300	36.40
10.00	0.034	1550	52.70
11.00	0.012	1570	18.84
12.00	0.018	1590	28.62
13.00	0.006	1600	9.60
14.00	0.004	1605	6.47
15.00	0.004	1610	6.49
16.00	0.004	1615	6.51
17.00	0	1620	0.00
Total Energía Día	1.00		473.13

Tabla 8.11 Cálculo potencia hora mes de Julio.



AGOSTO

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.121	0	0.00
2.00	0.097	100	9.70
3.00	0.185	150	27.75
4.00	0.171	250	42.75
5.00	0.105	500	52.50
6.00	0.103	800	82.40
7.00	0.063	1000	63.00
8.00	0.054	1150	62.10
9.00	0.038	1300	49.40
10.00	0.018	1550	27.90
11.00	0.010	1570	15.70
12.00	0.004	1590	6.36
13.00	0.008	1600	12.80
14.00	0.006	1605	9.63
15.00	0	1610	0.00
16.00	0.002	1615	3.23
17.00	0.004	1620	6.48
18.00	0	1625	0.00
19.00	0	1630	0.00
Total Energía Día	1.00		471.70

Tabla 8.12 Cálculo potencia hora mes de Agosto.



SEPTIEMBRE

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.117	0	0.00
2.00	0.167	100	16.70
3.00	0.167	150	25.05
4.00	0.190	250	47.50
5.00	0.075	500	37.50
6.00	0.052	800	41.60
7.00	0.045	1000	45.00
8.00	0.048	1150	55.20
9.00	0.042	1300	54.60
10.00	0.015	1550	23.25
11.00	0.019	1570	29.83
12.00	0.008	1590	12.72
13.00	0.023	1600	36.80
14.00	0.004	1605	6.42
15.00	0.010	1610	16.10
16.00	0.006	1615	9.69
17.00	0.002	1620	3.24
18.00	0	1625	0.00
Total Energía Día	1.00		461.20

Tabla 8.13 Cálculo potencia hora mes de Septiembre.



OCTUBRE

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.013	0	0.00
2.00	0.153	100	15.30
3.00	0.185	150	27.75
4.00	0.140	250	35.00
5.00	0.103	500	51.50
6.00	0.082	800	65.60
7.00	0.038	1000	38.00
8.00	0.050	1150	57.50
9.00	0.028	1300	36.40
10.00	0.028	1550	43.40
11.00	0.018	1570	28.26
12.00	0.012	1590	19.08
13.00	0.012	1600	19.20
14.00	0.004	1605	6.42
15.00	0.006	1610	9.66
16.00	0.004	1615	6.46
17.00	0	1620	0.00
Total Energía Día	1.00		459.53

Tabla 8.14 Cálculo potencia hora mes de Octubre.



NOVIEMBRE

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.065	0	0.00
2.00	0.113	100	11.30
3.00	0.183	150	27.45
4.00	0.171	250	42.75
5.00	0.098	500	49.00
6.00	0.119	800	95.20
7.00	0.092	1000	92.00
8.00	0.038	1150	43.70
9.00	0.031	1300	40.30
10.00	0.025	1550	38.75
11.00	0.019	1570	29.83
12.00	0.010	1590	15.90
13.00	0.010	1600	16.00
14.00	0.010	1605	16.05
15.00	0.006	1610	9.66
16.00	0.002	1615	3.23
17.00	0	1620	0.00
Total Energía Día	1.00		531.12

Tabla 8.15 Cálculo potencia hora mes de Noviembre.



DICIEMBRE

Velocidad del viento	Frecuencia Del viento	Potencia Aerogenerador Respecto la Velocidad [Wattios]	Potencia Media Generada Aerogenerador [Wattios]
1.00	0.097	0	0.00
2.00	0.131	100	13.10
3.00	0.163	150	24.45
4.00	0.165	250	41.25
5.00	0.075	500	37.50
6.00	0.056	800	44.80
7.00	0.060	1000	60.00
8.00	0.032	1150	36.80
9.00	0.020	1300	26.00
10.00	0.032	1550	49.60
11.00	0.034	1570	53.38
12.00	0.034	1590	54.06
13.00	0.038	1600	60.80
14.00	0.020	1605	32.10
15.00	0.010	1610	16.10
16.00	0.008	1615	12.92
17.00	0.008	1620	12.96
18.00	0		0.00
Total Energía Día	1.00		575.82

Tabla 8.16 Cálculo potencia hora mes de Diciembre.

La energía que va a ser aportada por el generador depende de la distribución de la velocidad del viento. Como la velocidad con mayor frecuencia es para valores entre 4 y 5 m/s, si consideráramos usar otro aerogenerador que tuviese más potencia para generar más electricidad no sería de gran utilidad ese cambio, ya que a baja velocidad la potencia de un aerogenerador del doble de potencia al nuestro escogido no va a generar el doble de potencia, ya que en bajas velocidades, que es donde mayor frecuencia de velocidades tenemos, es donde menos diferencia en la potencia de generación existe.

A continuación se muestra la gráfica de la densidad de probabilidad de la velocidad del viento. Con una distribución donde la frecuencia más alta se sitúe en torno a 5 m/s merece la pena instalar un aerogenerador de pequeña potencia.

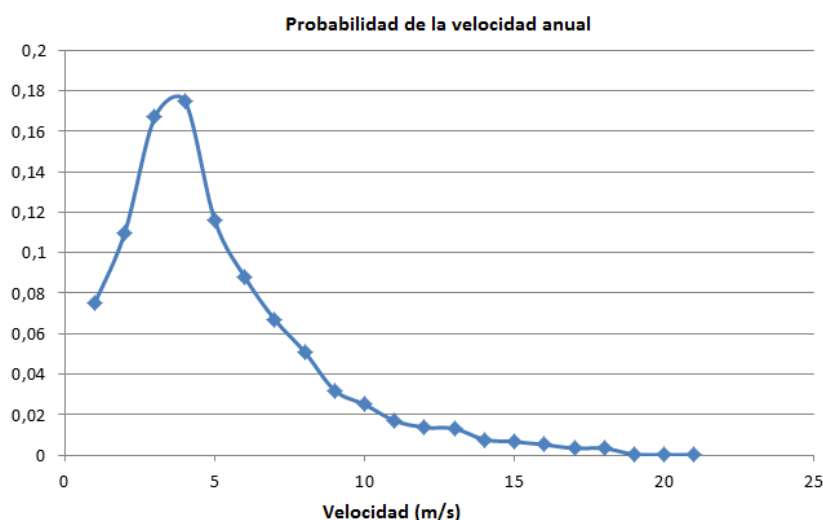


FIG 8.8 Densidad de probabilidad de la velocidad del viento. Distribución de Rayleigh.

La potencia por mes desarrollada por el aerogenerador es de,

MESES	Potencia Generada hora Aerogenerador [Wattios]
Enero	517.35
Febrero	492.18
Marzo	709.73
Abril	536.43
Mayo	559.89
Junio	537.00
Julio	473.13
Agosto	471.70
Septiembre	461.20
Octubre	459.53
Noviembre	531.12
Diciembre	575.82

Tabla 8.17 Potencia media diaria desarrollada por aerogenerador cada hora.



Por último se calculará la energía total diaria que el aerogenerador producirá cada mes. Se estima con el producto de la potencia generada por hora, el número de horas diarias, y el factor de seguridad, estimado en 12% por pérdidas de rendimiento del inversor y cargas de la batería del 100%, donde el generador no entregará energía a la instalación.

$$E_{P \text{ día}} = \frac{P_{\text{gen}} * 24 * (1 - F_{\text{seguridad}})}{1000 \text{ w/kw}} = \frac{517.35 * 24 * (1 - F_{\text{seguridad}})}{1000 \text{ w/kw}} \quad (1)$$

Donde:

- $E_{P \text{ día}}$ = Energía Producida por día
- P_{gen} = Potencia generada por el aerogenerador en cada mes.
- $F_{\text{seguridad}}$ = Factor de seguridad = 0.12

MESES	Energía Producida Aerogenerador día [KWh]	Energía producida mes [KWh]
Enero	10.92	338.52
Febrero	10.39	290.92
Marzo	14.99	464.69
Abril	11.33	339.90
Mayo	11.82	366.42
Junio	11.34	340.20
Julio	10.00	310.00
Agosto	9.86	305.66
Septiembre	9.74	292.20
Octubre	9.71	301.01
Noviembre	11.21	336.30
Diciembre	12.16	376.96

Tabla 8.18. Energía media producida por el aerogenerador cada hora.

Los resultados obtenidos muestran claramente como en los meses de invierno, la mayor fuerza del viento provoca que se produzca más energía en esos meses, que durante el verano, donde habrá un menor movimiento eólico y donde se hará necesaria la contribución del sistema fotovoltaico con el fin de dar soporte a la cantidad de energía consumida por la vivienda.

Además, durante el mes de Marzo se dan resultados excepcionales de energía, por lo tanto, se podrá aprovechar ese exceso de energía para aprovechamiento en la vivienda aumentando el consumo, o el sistema híbrido será utilizado en menor proporción durante dicho mes.

Por último podríamos destacar que el generador eólico aporta todos los meses más de la mitad de la energía que será consumida en la vivienda, por lo que de esta manera se garantiza ante un imprevisto en el sistema fotovoltaico, un aporte de energía bastante considerable.



Por ello trataremos de que ambos sistemas aún trabajando conjuntamente, tengan una cierta independencia y no dependan del otro mayoritariamente para poder entregar la energía, para de esta forma ante cualquier imprevisto en una de las dos instalaciones, no haya una gran carencia de energía en la vivienda.

8.4.2 Cálculos fotovoltaicos.

La elección del cristal fotovoltaico será el 055AB-16410989-BP de Onyx Solar, compuesto por células policristalinas, con vidrio transparente de 15% de claridad.

Para llevar a cabo el estudio de la sección fotovoltaica del proyecto, será necesario el obtener los datos de Irradiación recibida en el emplazamiento. El lugar geográfico escogido para llevar a cabo el estudio, es óptimo desde el punto de vista energético, ya que la radiación a la que se ve sometido, es constante durante todo el año, sin apenas consecución de días de pobre irradiación por culpa de las condiciones meteorológicas, y se produce con una gran intensidad.

Los datos se han obtenido gracias al programa de la comisión europea, PVGIS. Gracias a ello se calculará la cantidad de energía que el sistema fotovoltaico producirá.

El sistema fotovoltaicos se sustentará en vidrios fotovoltaicos policristalinos de ángulo fijo durante todo el año.

En la Tabla 7.18 están incluidos los datos sobre la irradiación que incide en una superficie horizontal y la irradiación que incide en una superficie con un ángulo de inclinación óptima de 32° para la captación de este flujo de energía solar.

Meses	H_h (Wh/m ² /dia)	H_{opt} (Wh/m ² /dia)	H_{90° (Wh/m ² /dia)	Áng. Óptimo (°)
Enero	2570	4100	4050	60
Febrero	3530	5010	4350	53
Marzo	5030	6110	4270	40
Abril	6030	6380	3240	23
Mayo	7060	6700	2460	9
Junio	8000	7170	2030	2
Julio	7920	7280	2230	6
Agosto	7110	7210	3080	18
Septiembre	5520	6430	3990	34
Octubre	4270	5780	4680	49
Noviembre	2880	4520	4350	59
Diciembre	2290	3820	3940	63

Tabla 8.19 Irradiación en vidrios en posición horizontal, vertical, y áng. Óptimo (32°).

El aerogenerador produce una cantidad de energía eléctrica mayor en invierno que en verano, por lo que el sistema fotovoltaico deberá complementar en esos meses de menor producción eólica y aportar energía eléctrica en mayor proporción que durante los meses de menor radiación solar.

Por ello, no tendremos en cuenta la irradiación generada en un plano vertical, ya que durante los meses de mayor necesidad de aporte energético del sistema fotovoltaico, es cuando menor irradiación recibirían los cristales fotovoltaicos.

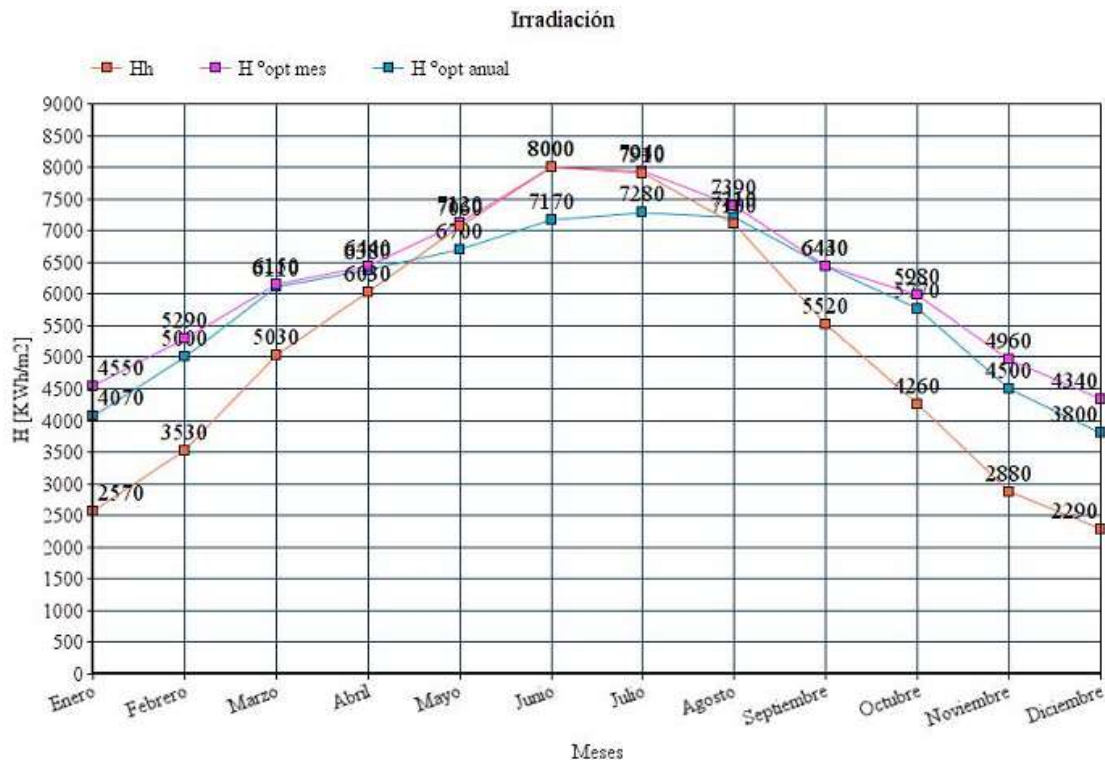


FIG 8.9 Irradiación Horiz (roja), Irradiación Opt. Anual (32°, azul), Irradiación Opt. Mes (Morada).

En la gráfica se observa que la irradiación obtenida tanto para un ángulo óptimo anual, como con un ángulo óptimo mensual, será bastante mayor en los meses con menor número de horas solares respecto a la que recibirá una superficie horizontal, lo cuál ayudará a completar la energía que el aerogenerador no pueda generar en estos meses, y donde será más crítica la carga de las baterías y el autoconsumo.

Una instalación fotovoltaica, con seguimiento solar, ya sea automática o manual, sería la aplicación más rentable desde el punto de vista energético, y sus resultados serían muy cercanos a la gráfica de irradiación de ángulo óptimo por mes.

Pero en el caso de las ventanas solares, al ser fijas en la estructura de la vivienda, no tendrán una captación de energía tan óptima como en el caso de los paneles solares con seguimiento solar, lo que hará que se aproveche un porcentaje menor de la radiación.

Para aprovechar la mayor cantidad de energía, la vivienda estará orientada en dirección sur, con un ángulo de azimut de (0°) , y con respecto a ésta, el sistema fotovoltaico podrá formar como mucho un ángulo de 3° hacia el este u oeste, para que no se produzcan pérdidas significativas de energía en la captación solar al no incidir perpendicular y directamente con los rayos solares.

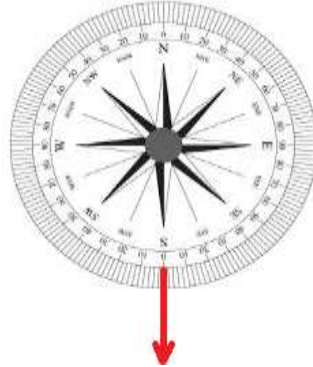


FIG 8.10 Eje de coordenadas indicando dirección del sistema fotovoltaico.

El ángulo de los vidrios fotovoltaicos estará orientado y ajustado lo máximo posible a la trayectoria solar, para obtener la mayor cantidad de energía, y a su vez, que difiera lo menos posible entre el mes de mayor captación de energía y el de menos.

Teniendo en cuenta los valores del programa PVGIS, el ángulo óptimo cada mes para un sistema fotovoltaico entregar mayor cantidad de energía y siendo perpendicular a los rayos solares es:

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Ang. Opt ($^\circ$)	60°	53°	40°	23°	9°	2°	6°	18°	34°	49°	59°	63°

Tabla 8.20 Ángulos idóneos de Inclinación por mes para el cristal fotovoltaico.

El ángulo de inclinación óptimo para los meses invernales crece, según decrece la altura del sol y reduce su radiación sobre La Tierra. Por ello el ángulo óptimo de inclinación del cristal FV se mantiene en niveles altos durante los meses de invierno y bajos durante el verano, como se puede ver en la **Tabla 8.20**.

Para el aporte energético que se quiere conseguir y el ahorro lumínico, se optará por el vidrio fotovoltaico Onyx Solar 055AB-16410989 con un 15% de transparencia.

Potencia Nominal	225.02 W _p
Tensión Circuito Abierto	37.3 V
Corriente Cortocircuito	8.2 A
Tensión a potencia Nominal	29.3 V
Corriente a Potencia Nominal	7.68 A
Dimensiones	1641 * 989 mm

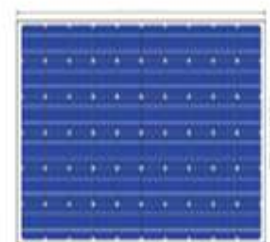


Tabla 8.21 y FIG 8.11 Características vidrio fotovoltaico Onyx Solar 055AB-16410989 con un 15% de transparencia.



Pérdidas fotovoltaicas:

Los módulos no serán capaces de generar la potencia nominal debido a que su rendimiento será menor por diversos factores, y tampoco lo serán su corriente ni su tensión nominal. Al constituirse un sistema fotovoltaico con varios paneles en serie, será el que entregue menor intensidad el que regule y establezca la fuerza con que los electrones atraviesen el sistema. No habrá pérdidas por sombreado al no impedir la luz ningún objeto.

- **1.** Según la hoja de características del fabricante las pérdidas por dispersión de potencia de los módulos: Serán **del 3%** tal y como nos indican el fabricante en sus datos de características.

- **2.** Pérdidas por incremento de temperatura de las células fotovoltaicas:

$$P_T = K_T \cdot (T_c - 25^\circ\text{C}) \quad \text{Donde } K_T \text{ es el coeficiente de temperatura, } 0.0043 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$T_c = T_{\text{amb}} + \frac{(T_{\text{onc}} - 20^\circ\text{C}) \cdot E}{800} \quad (2)$$

Donde:

- T_c , es temperatura de trabajo de los vidrios fotovoltaicos
- T_{amb} , la temperatura ambiente media del emplazamiento.
- T_{onc} , es “la temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20°C y la velocidad del viento de 1 m/s ” según el IDAE.
- $T_{\text{onc}} = 45^\circ\text{C}$.
- E , es la radiación media diaria cada mes.

Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Pérdidas (%) en Vidrios por Temp ($^\circ\text{C}$)	1.98	1.96	3.24	4.52	6.96	8.04	8.45	8.34	7.54	6.42	4.87	3.21

Tabla 8.22 Porcentaje de pérdidas en los Vidrios fv por efecto de las temperaturas de trabajo.

Para los cálculos se tendrá en cuenta el caso más desfavorable, relativo al mes de Julio con un valor de **8.45%**

- **3.** Pérdidas debida a la acumulación de suciedad en los módulos:

En unas condiciones normales de emplazamiento y realizando tareas de mantenimiento y limpieza correspondientes de forma regular, los paneles fotovoltaicos no deben superar unas pérdidas por este concepto del **2%**.



- **4. Pérdidas por degradación de los módulos:**

Debido a la degradación de las células de silicio al estar expuestas en el exterior a la radiación solar, se estiman pérdidas en torno al **1%**.

- **5. Pérdidas por reflectancia:**

Pérdidas estimadas referidas al proceso de reflexión en los módulos y se estiman en **2,5%**.

- **6. Pérdidas eléctricas:**

La instalación eléctrica, el conexionado entre módulos y con el resto de componentes de la instalación fotovoltaica, se estiman según las recomendaciones del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, donde se indica que la caída de tensión no podrá superar el **3%**.

Teniendo en cuenta todas las pérdidas máximas posibles, en el caso más desfavorable, se obtiene que el mínimo rendimiento energético de la instalación fotovoltaica será de:

$$\text{Rendimiento} = 100\% - 3\% - 2,5\% - 1\% - 2\% - 8,45\% - 3\% = 80,05\%$$

Según el pliego de condiciones del IDAE, el rendimiento de una instalación fotovoltaica no puede ser inferior al 80%, por lo cuál la instalación estaría dentro de los valores especificados.

Energía y potencia del sistema fotovoltaico

Mes	H(20)	H(32)	H(38)	H(44)	H(50)	H(56)	H(62)	H(65)	H(68)
Ene	3630	4100	4280	4420	4520	4570	4580	4570	4550
Feb	4580	5010	5160	5260	5310	5300	5250	5200	5150
Mar	5860	6110	6150	6140	6070	5950	5770	5660	5540
Abr	6430	6380	6270	6110	5890	5620	5300	5120	4930
Mayo	7020	6700	6450	6150	5790	5390	4940	4710	4460
Jun	7690	7170	6810	6410	5950	5440	4900	4610	4320
Jul	7730	7280	6950	6570	6130	5650	5110	4830	4540
Ago	7380	7210	7020	6770	6450	6080	5650	5420	5170
Sep	6270	6430	6420	6360	6230	6040	5800	5660	5500
Oct	5360	5780	5910	5980	6000	5960	5860	5790	5700
Nov	4020	4520	4700	4850	4940	4990	4990	4970	4940
Dic	3340	3820	4010	4160	4270	4340	4370	4370	4360
Año	5780	5880	5850	5770	5630	5450	5210	5080	4930

FIG 8.12 Irradiación diaria (H) en vidrio fv mes a mes para distintas angulaciones(Wh/m²).

$$E_{\text{vidrio fv}} = P_{PM} * H.S.P * \text{Rendim} = P_{PM} * 0.024 * 0.0116 * H \text{ (KJ)} * \text{Rendim} .$$

Donde:

$E_{\text{vidrio fv}}$ es la energía diaria generada por un vidrio fv.

P_{PM} es la potencia nominal máxima de los vidrios FV [W].

H.S.P son las horas solares pico

Rendim es el rendimiento tras pérdidas.



Mes	E.vf 20° [Kwh]	E.vf 32° [Kwh]	E.vf 38° [Kwh]	E.vf 44° [Kwh]	E.vf 50° [Kwh]	E.vf 56° [Kwh]	E.vf 62° [Kwh]	E.vf 65° [Kwh]	E.vf 68° [Kwh]
Enero	0.66	0.74	0.77	0.80	0.82	0.83	0.83	0.82	0.82
Febrero	0.83	0.90	0.93	0.95	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93
Marzo	1.06	1.10	1.11	1.11	1.10	1.07	1.04	1.02	1.00
Abril	1.16	1.15	1.13	1.10	1.06	1.01	0.96	0.92	0.89
Mayo	1.26	1.20	1.16	1.11	1.05	0.97	0.89	0.85	0.80
Junio	1.39	1.29	1.23	1.16	1.07	0.98	0.88	0.83	0.78
Julio	1.40	1.31	1.25	1.19	1.11	1.02	0.92	0.87	0.82
Agosto	1.33	1.30	1.27	1.22	1.16	1.10	1.02	0.98	0.93
Sept	1.13	1.16	1.16	1.15	1.12	1.09	1.05	1.02	0.99
Oct	0.97	1.04	1.07	1.08	1.08	1.08	1.06	1.05	1.03
Nov	0.73	0.82	0.85	0.88	0.89	0.90	0.90	0.90	0.89
Dic	0.60	0.69	0.73	0.75	0.77	0.78	0.79	0.79	0.79

Tabla 8.23 Energía entregada por un Vidrio fv (225 Wp) para distintas angulaciones cada día.

Sabiendo la energía que obtendremos de media diaria por el aerogenerador cada mes, se calculará la energía mínima que debería aportar el sistema fotovoltaico para cubrir la demanda de consumo de la vivienda (16,3KWh /día).

$$E_{\text{mín diaria}} = E_{\text{cons}} - E_{\text{Aero}} \quad (3)$$

Donde:

- $E_{\text{mín diaria}}$ es la Energía mínima diaria a producir por el sistema fotovoltaico.
- E_{cons} es la Energía consumida diaria.
- E_{Aero} es la Energía Producida por el Aerogenerador en un día.

Mes	Energía mínima diaria a producir por el sistema fotovoltaico [Kwh]	Energía Producida Aerogenerador día [KWh]
Enero	5.38	10.92
Febrero	5.91	10.39
Marzo	1.31	14.99
Abril	4.97	11.33
Mayo	4.48	11.82
Junio	4.98	11.34
Julio	6.30	10.00
Agosto	6.44	9.86
Septiembre	6.56	9.74
Octubre	6.59	9.71
Noviembre	5.09	11.21
Diciembre	4.14	12.16

Tabla 8.24 Energía mínima diaria a obtener de los vidrios fotovoltaicos cada mes.



Sabiendo la energía mínima necesaria a cubrir por el sistema fotovoltaico, y la energía diaria que entregará cada mes para distintas angulaciones, se calculará, para cada mes y para cada angulación, cuantos paneles serán minimamente necesarios para cubrir la necesidad energética.

Meses	20°	32°	38°	44°	50°	56°	62°	65°	68°
Enero	9	8	8	7	7	7	7	7	7
Febrero	8	7	7	7	7	7	7	7	7
Marzo	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Abril	5	5	5	5	5	5	6	6	6
Mayo	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Junio	4	4	5	5	5	6	6	7	7
Julio	5	5	6	6	6	7	7	8	8
Agosto	5	5	6	6	6	6	7	7	7
Septiembre	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Octubre	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Noviembre	7	7	7	6	6	6	6	6	6
Diciembre	7	7	6	6	6	6	6	6	6
Mín. nº de paneles	9	8	8	7	7	7	7	8	8

Tabla 8.25 Número de Vidrios fv mínimos para asegurar consumo energético.

Nuestro sistema fotovoltaico deberá tener un número de cristales fotovoltaicos que sea par, con el fin de poder realizar un sistema con 2 pares de módulos en serie y de esa manera conseguir como mínimo un voltaje de funcionamiento de 48 V, que es la de la instalación.

Por ello, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos respecto al número de vidrios mínimos, estudiaremos si será mas conveniente usar 8 o 10 vidrios, con el objetivo de que la vivienda tenga una autonomía amplia y un gran margen de garantía energética.

Con ello solventaremos los posibles problemas que pudieran surgir tanto los casos en que no se reúnan las condiciones idóneas para la generación de energía, ya sea porque impidan al generador eólico producir electricidad al no poder producirse el arranque por escasa fuerza del viento, como al sistema fotovoltaico por ausencia de una óptima radiación y donde la producción energética sea limitada.



Meses	20° [KWh]	32° [KWh]	38° [KWh]	44° [KWh]	50° [KWh]	56° [KWh]	62° [KWh]	65° [KWh]	68° [KWh]
Enero	5.28	5.92	6.16	6.40	6.56	6.64	6.64	6.56	6.56
Febrero	6.64	7.20	7.44	7.60	7.68	7.68	7.60	7.52	7.44
Marzo	8.48	8.80	8.88	8.88	8.80	8.56	8.32	8.16	8.00
Abril	9.28	9.20	9.04	8.80	8.48	8.08	7.68	7.36	7.12
Mayo	10.08	9.60	9.28	8.88	8.40	7.76	7.12	6.80	6.40
Junio	11.12	10.32	9.84	9.28	8.56	7.84	7.04	6.64	6.24
Julio	11.20	10.48	10.00	9.52	8.88	8.16	7.36	6.96	6.56
Agosto	10.64	10.40	10.16	9.76	9.28	8.80	8.16	7.84	7.44
Septiembre	9.04	9.28	9.28	9.20	8.96	8.72	8.40	8.16	7.92
Octubre	7.76	8.32	8.56	8.64	8.64	8.64	8.48	8.40	8.24
Noviembre	5.84	6.56	6.80	7.04	7.12	7.20	7.20	7.20	7.12
Diciembre	4.80	5.52	5.84	6.00	6.16	6.24	6.32	6.32	6.32

Tabla 8.26 Energía entregada por 8 cristales fotovoltaicos (1800 W_P) para diferentes angulaciones.

Meses	20° [KWh]	32° [KWh]	38° [KWh]	44° [KWh]	50° [KWh]	56° [KWh]	62° [KWh]	65° [KWh]	68° [KWh]
Enero	6.60	7.40	7.70	8.00	8.20	8.30	8.30	8.20	8.20
Febrero	8.30	9.00	9.30	9.50	9.60	9.60	9.50	9.40	9.30
Marzo	10.60	11.00	11.10	11.10	11.00	10.70	10.40	10.20	10.00
Abril	11.60	11.50	11.30	11.00	10.60	10.10	9.60	9.20	8.90
Mayo	12.60	12.00	11.60	11.10	10.50	9.70	8.90	8.50	8.00
Junio	13.9	12.90	12.30	11.60	10.70	9.80	8.80	8.30	7.80
Julio	14.00	13.10	12.50	11.90	11.10	10.20	9.20	8.70	8.20
Agosto	13.30	13.00	12.70	12.20	11.60	11.00	10.20	9.80	9.30
Septiembre	11.30	11.60	11.60	11.50	11.20	10.90	10.50	10.20	9.90
Octubre	9.70	10.40	10.70	10.80	10.80	10.80	10.60	10.50	10.30
Noviembre	7.30	8.20	8.50	8.80	8.90	9.00	9.00	9.00	8.90
Diciembre	6.00	6.90	7.30	7.50	7.70	7.80	7.90	7.90	7.90

Tabla 8.27 Energía entregada por 10 cristales fotovoltaicos (22500 W_P) para diferentes angulaciones.



Estimación total de energía del sistema híbrido.

Tras el estudio individual hecho de cada una de las partes que componen el sistema híbrido, calcularemos el total de energía eléctrica que entregarán ambas en conjunto por día, en cada mes, y para cada inclinación de los cristales fotovoltaicos que hemos venido estimando tanto para el caso de instalar 8 vidrios fotovoltaicos, como si instalaremos 10.

A pesar de que el ángulo óptimo para un sistema fotovoltaico, sería situar los componentes solares con una inclinación de 32°, el hecho de combinarlo con un sistema eólico, favorecerá y complementará al sistema fotovoltaico para los meses en que las Horas de sol son menores y mayor déficit de producción de energía habrá.

Por ello para calcular cuál será el ángulo óptimo de uso, se tendrá en cuenta cuando el sistema presenta un proceso de entrega de energía más equilibrado y lineal, sin cambios bruscos en los valores máximo y mínimo de entrega. Para la inclinación que menos diferencia contenga en estos valores, será la opción elegida para nuestra instalación.

Ver tablas **Tabla 8.28** y **Tabla 8.29**.

Meses	Ea+20° [KWh]	Ea+32° [KWh]	Ea+38° [KWh]	Ea+44° [KWh]	Ea+50° [KWh]	Ea+56° [KWh]	Ea+62° [KWh]	Ea+65° [KWh]	Ea+68° [KWh]
Enero	16.20	16.84	17.08	17.32	17.48	17.56	17.56	17.48	17.48
Febrero	17.03	17.59	17.83	17.99	18.07	18.07	17.99	17.91	17.83
Marzo	23.47	23.79	23.87	23.87	23.79	23.55	23.31	23.15	22.99
Abril	20.61	20.53	20.37	20.13	19.81	19.41	19.01	18.69	18.45
Mayo	21.90	21.42	21.10	20.70	20.22	19.58	18.94	18.62	18.22
Junio	22.46	21.66	21.18	20.62	19.90	19.18	18.38	17.98	17.58
Julio	21.20	20.48	20.00	19.52	18.88	18.16	17.36	16.96	16.56
Agosto	20.50	20.26	20.02	19.62	19.14	18.66	18.02	17.70	17.30
Septiembre	18.78	19.02	19.02	18.94	18.70	18.46	18.14	17.90	17.66
Octubre	17.47	18.03	18.27	18.35	18.35	18.35	18.19	18.11	17.95
Noviembre	17.05	17.77	18.01	18.25	18.33	18.41	18.41	18.41	18.33
Diciembre	16.96	17.68	18.00	18.16	18.32	18.40	18.48	18.48	18.48
Valor mínimo	16.20	16.84	17.08	17.32	17.48	17.56	17.36	16.96	16.96
Valor máximo	23.47	23.79	23.87	23.87	23.79	23.55	23.31	23.15	22.99
Diferencia	7.27	6.95	6.79	6.55	6.31	5.99	5.95	6.19	6.03
Energía anual	7112.54	7155.42	7145.18	7105.66	7029.74	6931.82	6809.58	6736.38	6658.22
% respecto áng. óptimo	0.99	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93

Tabla 8.28 Estimación total de energía producida por el sistema híbrido con sistema fotovoltaico (8 vidrios, 1800 W_P).



Meses	Ea+20° [KWh]	Ea+32° [KWh]	Ea+38° [KWh]	Ea+44° [KWh]	Ea+50° [KWh]	Ea+56° [KWh]	Ea+62° [KWh]	Ea+65° [KWh]	Ea+68° [KWh]
Enero	17.52	18.32	18.62	18.92	19.12	19.22	19.22	19.12	19.12
Febrero	18.69	19.39	19.69	19.89	19.99	19.99	19.89	19.79	19.69
Marzo	25.59	25.99	26.09	26.09	25.99	25.69	25.39	25.19	24.99
Abril	22.93	22.83	22.63	22.33	21.93	21.43	20.93	20.53	20.23
Mayo	24.42	23.82	23.42	22.92	22.32	21.52	20.72	20.32	19.82
Junio	25.24	24.24	23.64	22.94	22.04	21.14	20.14	19.64	19.14
Julio	24.00	23.10	22.50	21.90	21.10	20.20	19.20	18.70	18.20
Agosto	23.16	22.86	22.56	22.06	21.46	20.86	20.06	19.66	19.16
Septiembre	21.04	21.34	21.34	21.24	20.94	20.64	20.24	19.94	19.64
Octubre	19.41	20.11	20.41	20.51	20.51	20.51	20.31	20.21	20.01
Noviembre	18.51	19.41	19.71	20.01	20.11	20.21	20.21	20.21	20.11
Diciembre	18.16	19.06	19.46	19.66	19.86	19.96	20.06	20.06	20.06
Valor mínimo	17.52	18.32	18.62	18.92	19.12	19.22	19.20	18.70	18.20
Valor máximo	25.59	25.99	26.09	26.09	25.99	25.69	25.39	25.19	24.99
Diferencia	8.07	7.67	7.47	7.17	6.87	6.47	6.19	6.49	6.79
Energía total anual	7874.98	7928.58	7915.78	7866.38	7771.48	7649.08	7496.28	7404.78	7307.08
% respecto áng. óptimo	0.99	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92

Tabla 8.29 Estimación total de energía producida por el sistema híbrido con sistema fotovoltaico (10 vidrios, 2250 W_P).

En ambos casos se constata como la menor diferencia entre el día de mayor producción de electricidad y el día de menor producción de electricidad se produce bajo una inclinación de 62°, además de que la pérdida de energía para el ángulo de 62°, respecto del ángulo óptimo es sólo de un 5%.

Meses	Horas Solares Pico para Ángulo 62°	Irradiación (Wh/m ² /día) para ángulo 62°
Enero	4.59	4580
Febrero	5.26	5250
Marzo	5.78	5770
Abril	5.31	5300
Mayo	4.95	4940
Junio	4.91	4900
Julio	5.12	5110
Agosto	5.66	5650
Septiembre	5.81	5800
Octubre	5.87	5860
Noviembre	5.00	4990
Diciembre	4.38	4370

Tabla 8.30 Estimación Horas Solares Pico diaria por mes.

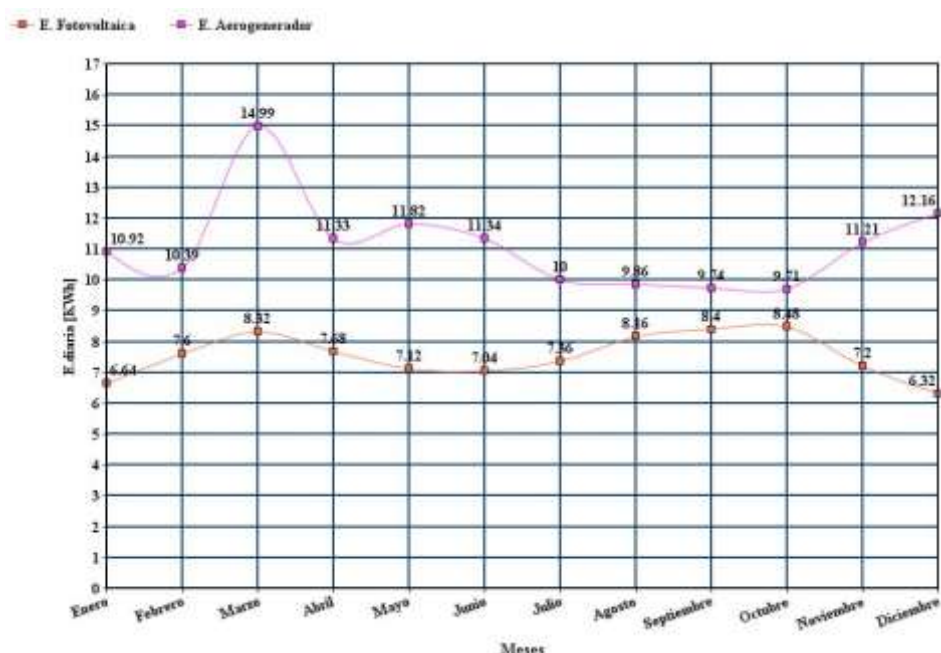


FIG. 8.13 Energía mensual instalación fotovoltaica (1800 W_P) y aerogenerador para 62°

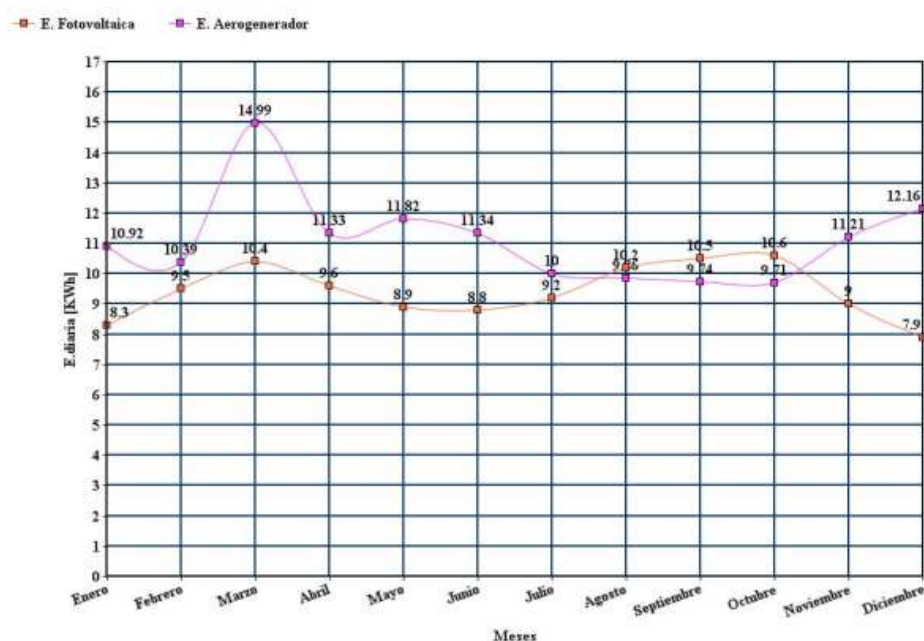


FIG. 8.14 Energía mensual instalación fotovoltaica (2250 W_P) y aerogenerador para 62°

La instalación de un sistema con 8 vidrios de generación fotovoltaica, en un principio sería suficiente, por los resultados obtenidos, para cubrir la demanda energética necesaria, pero teniendo en cuenta las pérdidas que se producirán en el inversor, el regulador y las baterías, la paulatina pérdida de rendimiento que se producirá a lo largo de los años de puesta en servicio de la instalación, y el no complementar al sistema eólico en los meses de menor rendimiento energético de éste, todo ello desaconseja la instalación de un sistema de 8 vidrios.



8.4.2.1 Parámetros del sistema fotovoltaico

Calcularemos diversos parámetros del sistema FV, que servirán para calcular los requisitos tanto del regulador de carga, acumulador eléctrico y el inversor del sistema.

Con la intención de dar un suministro adecuado y con el fin de poder tener una autosuficiencia energética holgada, sin verse condicionada enseguida de no reunirse las condiciones meteorológicas favorables, optaremos por una instalación híbrida, que constará de un aerogenerador de 1,5 KW_P y de 10 cristales fotovoltaicos de 225 W_P cada uno, por lo que se procederá al cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico.

Potencia máxima del sistema

La potencia máxima del sistema FV será:

$$P_{\text{sist}} = N_{\text{vidrios}} \cdot P_{\text{PM}} = 10 \cdot 225 = 2250 \text{ W}$$

Donde:

- P_{sist} es la potencia pico sistema FV [W].
- N_{vidrios} es el número de vidrios FV total.
- P_{PM} es la potencia nominal máxima de los vidrios FV [W].

Número de módulos en serie

La tensión de trabajo del sistema será de 48 V, por lo que tanto el aerogenerador como el sistema fv deberán cumplir este requisito. Ello requerirá que el acumulador eléctrico también trabaje a esa misma tensión, al ser alimentado por ambas dos. Para calcular el número de módulos en serie, se dividirá el valor de la tensión de trabajo del sistema entre la tensión nominal del Vidrio fv.

$$N_s = \frac{V_{\text{sist}}}{V_{\text{n vidrio}}} = \frac{48}{29.3} = 1.64 \rightarrow 2 \text{ módulos en serie}$$

Donde:

- V_{sist} es la tensión de trabajo en toda la instalación [V].
- $V_{\text{n vidrio}}$ es la tensión nominal a máxima potencia de los módulos fv [V].
- N_s es el número de módulos fv en serie .



Número de módulos en paralelo

El número de módulos a conectar en paralelo se obtendrá como resultado de dividir el número de Vidrios fv totales entre el número de ellos que están en serie.

A mayor número de módulos en paralelo, mayor será el valor de la corriente del sistema:

$$N_p = \frac{Nm}{N_s} = \frac{10}{2} = 5 \text{ módulos en paralelo.}$$

Donde:

- N_p es el número de módulos fv en paralelo.
- Nm es el número de módulos del sistema fv.
- N_s es el número de módulos fv en serie.

Tensión nominal del sistema fv

Su valor se obtiene a partir de la tensión que genera cada Vidrio fv a máxima potencia, por el número de paneles situados en serie.

$$V_{SIST FV} = V_{n \text{ vidrio}} * N_s = 29.3 * 2 = 58.6 \text{ V}$$

Donde:

- $V_{SIST FV}$ es la tensión máxima generada por el sistema fotovoltaico [V].
- $V_{n \text{ vidrio}}$ es la tensión nominal de los módulos fv a máxima potencia [V].
- N_s es número de módulos fv en serie.

Corriente nominal del sistema fv

Su valor se obtiene a partir de la corriente que genera cada Vidrio fv a máxima potencia, por el número de paneles situados en paralelo.

$$I_{SIST FV} = I_{n \text{ vidrio}} * N_p = 7.68 * 5 = 38.4 \text{ A}$$

Donde:

- $I_{SIST FV}$ es la corriente máxima generada por el sistema fotovoltaico [A].
- $I_{n \text{ vidrio}}$ es la corriente nominal de los módulos fv a máxima potencia [A].
- N_p es el número de módulos fv en paralelo.



Tensión en circuito abierto del sistema fv

$$V_{OC\ SIST\ FV} = N_s * V_{OC\ modulo\ FV} = 2 * 37.3 = 74.6\ V$$

Donde:

- $V_{OC\ SIST\ FV}$ es la tensión en circuito abierto en el sistema fv [V].
- N_s es número de módulos fv en serie.
- $V_{OC\ modulo\ FV}$ es la tensión en circuito abierto de un modulo fv [V].

Corriente de cortocircuito del sistema fv:

$$I_{CC\ SIST\ FV} = N_p * I_{CC\ MOD\ FV} = 5 * 8.20 = 41\ A$$

Donde:

- $I_{CC\ SIST\ FV}$ es la corriente de cortocircuito en el sistema fv [A]
- N_p es el número de módulos fv en paralelo
- $I_{CC\ MOD\ FV}$ es la corriente de cortocircuito de un modulo fv [A]

8.4.3 Cálculos de regulador, inversor y acumulador

8.4.3.1 Cálculo del Inversor

Con el fin de elegir el inversor más adecuado, deberemos conocer aparte de la tensión de las baterías, que será la misma que la del sistema (48V), la potencia máxima que se demandará por el consumo de los aparatos de la vivienda, y la tensión y corrientes máximas que el sistema fotovoltaico puede llegar a generar en los casos en que se reúnan las condiciones de máxima generación de energía, y que el inversor será capaz de soportar.

Tensión nominal del sistema fv

$$V_{SIST\ FV} = 58.6\ V$$

Corriente nominal del sistema fv

$$I_{SIST\ FV} = 38.4\ A$$

Potencia máxima del sistema fv

La máxima potencia que la vivienda demandará en corriente alterna por la vivienda será de 3000 W.

De esta manera, para calcular la potencia nominal del inversor se dará un margen de incremento de un 35% sobre la potencia máxima prevista, con el fin de dar servicio ante eventuales peticiones de gran cantidad de potencia al unísono, que pudieran producirse en el arranque de varios aparatos a la vez, con los consiguientes picos de potencia que ello conlleva:

$$P_{\text{Max Inv}} = 1,35 * P_{\text{p vivienda}} = 1,35 * 3000 = 4050 \text{ W}$$

Donde:

- $P_{\text{Max Inv}}$ es la potencia máxima nominal de los módulos fv a máxima potencia
- $P_{\text{p vivienda}}$ es la potencia máxima demandada en la vivienda

Se selecciona el inversor DC/AC senoidal puro ATERSA TAURO BC 5048/V, adjuntando sus características en la siguiente tabla.

Potencia nominal	5000 W
Potencia Máxima en picos de arranque	1500 W
Tensión nominal de entrada	48 V _{CC}
Tensión nominal de salida	230 V _{AC}
Corriente máxima	350 A
Rendimiento	93 %
Frecuencia	50±0.1 %Hz
Tipo de onda	Senoidal pura
Medidas	678* 330* 223 mm



Tabla 8.31 y FIG 8.15 Características del Inversor Atersa Tauro BC 5048/V.

8.4.3.2 Cálculo del Regulador de Carga

El regulador de carga deberá soportar una corriente de entrada un 25% superior a la máxima que sea capaz de generar el sistema fotovoltaico, y una corriente un 25% superior a la máxima corriente demandada por la vivienda en el momento de máximo consumo.

Éste último caso, no se tendrá en cuenta al no estar conectado el inversor al regulador, sino a las baterías de acumulación, por lo que será éste quien regule la descarga de las baterías en función de la demanda de corriente de la vivienda.

Intensidad máxima de entrada:

$$I_{\text{Máx In}} = 1.25 * I_{\text{CC}} * N_{\text{paralelo}} = 1.25 * 8.2 * 5 = 51.25 \text{ A.}$$

Donde:

- $I_{\text{Máx In}}$ es la intensidad máxima entrante en el regulador desde el sistema fv.
- I_{CC} es la intensidad de cortocircuito del cristal fotovoltaico.
- 1.25 es el margen superior de la corriente de cortocircuito exigida en la normativa del IDAE.
- N_{paralelo} es el número de cristales fv en paralelo

Aparte de la intensidad máxima de entrada, se comprobará que cumple los siguientes requisitos:

Tensión max. en circuito abierto del sistema fv

$$V_{\text{OC SIST FV}} = 74.6 \text{ V}$$

Tensión de entrada será mayor que la tensión nominal del sistema fv

$$V_{\text{SIST FV}} = 58.6 \text{ V}$$

Potencia máxima del sistema fv:

$$P_{\text{sist}} = 2250 \text{ W}$$

Se selecciona el Regulador de carga Victronenergy Blue Solar MPPT 150-70, por cumplir todos los requisitos anteriormente requeridos, adjuntando sus características en la siguiente tabla.

Potencia Máxima entrada a 48 V	4000 W
Tensión nominal de las baterías	12 - 48 V _{CC}
Tensión máxima en OC del Sist FV	145 – 150 V _{CC}
Corriente de entrada máxima	70 A
Rendimiento (48V)	97.5 %
Medidas	350 * 160 * 135 mm

Tabla 8.32 y FIG 8.16 Características del Regulador de carga MPPT 150-70.



8.4.3.3 Cálculo del Acumulador Eléctrico

Se estimará el consumo diario en la vivienda en Amperios hora. Posteriormente se calculará la capacidad que deberá tener el sistema de baterías.

$$L_D = \frac{E_d}{V_{sist}} = \frac{16300.5}{48} = 339.6 A_H$$

$$C_{20} = \frac{L_D \cdot A}{PD_{max} \eta_{inv} \eta_{rb}} = \frac{339.6 \cdot 4}{0.7 \cdot 0.93 \cdot 0.975} = 2140.1 A_H$$

Donde:

- L_D es el consumo medio diario [Ah/ día].
- V_{sist} es la tensión de trabajo en toda la instalación [V].
- E_d es el consumo energético diario [Wh].
- C_{20} es la cantidad de carga extraíble de un sistema de acumulación en 20 horas, a una temperatura de 20 °C [A_H].
- A es días de autonomía del sistema.
- PD_{max} es la profundidad de descarga máxima.
- η_{inv} es el rendimiento del inversor [%].
- η_{Reg} es el rendimiento del regulador [%].

Se selecciona el Acumulador de gel Victron Energy 12V 220Ah. por cumplir todos los requisitos anteriormente requeridos, adjuntando sus características en la siguiente tabla.

Tensión nominal de trabajo	12 V
Capacidad	220 A_H
Tipo de batería	Batería de gel
Duración de vida a profundidad de descarga 80 %	500 ciclos
Duración de vida a profundidad de descarga 50 %	750 ciclos
Duración de vida a profundidad de descarga 30 %	1800 ciclos
Medidas	522x238x240



Tabla 8.33 y FIG 8.17 Características del Acumulador Victron Energy 12V 220Ah.



Calcularemos el número de baterías en serie para trabajar a la misma tensión del sistema.

$$N_{bs} = \frac{V_{sist}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4 \text{ baterías en serie}$$

Donde:

- N_{bs} es el número de baterías en serie.
- V_{sist} es la tensión de trabajo en toda la instalación [V]
- V_{bat} es la tensión de trabajo de las baterías

Calcularemos el número de baterías en paralelo para conseguir la capacidad de acumulación adecuada.

$$N_{bp} = \frac{C_{20}}{C_{bat}} = \frac{2140}{220} = 9.72 \rightarrow 10 \text{ baterías en paralelo}$$

Donde:

- N_{bp} es el número de baterías en paralelo.
- C_{20} es la cantidad de carga extraíble de un sistema de acumulación en 20 horas, a una temperatura de 20 °C [A_H].
- C_{bat} es la capacidad de una batería [A_H].

El número total de baterías será de 40 y el acumulador eléctrico tendrá una capacidad de 2200 A_H



8.4.4 Presupuesto

Para el cálculo del presupuesto se fijara el precio de cada uno de los aparatos usados y se sumará al precio del resto de componentes.

En la memoria del proyecto no se ha estimado la instalación eléctrica de la vivienda con los elementos de protección ni el cableado de la misma, por lo que no tendremos en cuenta esta parte en el presupuesto. Según lo visto en otros manuales y proyectos similares que si contemplaban instalación eléctrica en el conjunto de la casa, este concepto solía estar en un rango de entre 1000 y 1500€.

Tampoco se estima el coste no fijado todavía en términos de impuestos, por cada batería de acumulación de la instalación a partir del nuevo real decreto.

En los vidrios fotovoltaicos no pudo disponerse de un presupuesto de compra ni por documentación, ni por contacto telefónico y mail con la empresa.

El precio medio del vidrio fotovoltaico en 2014 se situó en 4.9 € de media.

Tras consultar distintas empresas de venta de este material, se coceptuó que el precio medio por metro cuadrado del vidrio fotovoltaico será de 20 €/ m.



Source: IHS Inc. October 2014

FIG 8.18 Coste metro cuadrado vidrio fotovoltaico.

Precios elementos:

-Precio Inversor = 2588.54 €

-Precio Regulador = 650 €

-Precio Aerogenerador = 5500 €

-Precio 1 Batería, 485€. Se tienen 40.

Precio sistema acumulación = $40 * 485 = 19400$ €



-Precio 1 vidrio fotovoltaico, estimado en 20 €/ m².

Cada vidrio tiene unas medidas de 1641 * 989 mm = 1.622 m².

1.622 m² * 20 = 32.44 € cada vidrio.

Como la instalación consta de 10 vidrios.

10 vidrios * 32.44 € = 324.4€ los 10 cristales fv.

Sumando los distintos conceptos:

Presupuesto total: 324.4 + 19400+ 2588.54 + 650 + 5500 = 28462.94 €

-Por último vamos a comparar y estimar su rentabilidad comparándola con una tarifa eléctrica estándar.

El precio de la tarifa eléctrica será la suma del coste de la potencia contratada, consumo eléctrico, el alquiler de los contadores, el impuesto eléctrico y el IVA (21%).

- *Potencia contratada:*

El coste al año del término de potencia es de 45.367548 €/Kw/ año.

Nuestra instalación exigía un máximo de 3 Kw de potencia. Por no tener un término demasiado ajustado contrataríamos 4.6 Kw de potencia.

45.367548 €/Kw/ año* 4.6 Kw = 208.7 €

- *Consumo eléctrico*

Con un coste de 0.155986 € / Kw consumido.

0.155986 € / Kw * 365 días * 16.3 Kw/ día = 928.03€

- *Alquiler contador digital*

Dependiendo de las empresas eléctricas entre 0.8 y 1.1 €/ mes, optamos por un término medio, 1€.

1 €/mes * 12 meses = 12 €.



- *Impuesto electrico*

Impuesto estipulado por el gobierno. Se estima como el producto de la suma del coste del consumo energético y la potencia contratada por dos valores estipulados de 1.05113 y 4.864 %

$$\text{Impuesto eléctrico} = 1.05113 * 0.04864 * (208.7 + 928.03) = 58.11\text{€}$$

- IVA (21%).

La suma de todos los costes calculados se le calcula el 21% de IVA y le es añadido.

$$\text{Coste total antes impuesto IVA} = 208.7 + 928.03 + 12 + 58.11 = 1206.84$$

$$21 \% \text{ IVA} * 1206.84 = 1460.27 \text{ €}$$

El coste energético anual será de 1460.27 €/ año.

Para estipular los años necesarios par arentabilizar el sistema, relacionamos el coste de la instalación entre el coste energético al año del coste energético por contratación eléctrica.

$$284622.94 / 1460.27 = 19.6 \text{ años para rentabilizar la instalación.}$$



9. CONCLUSIONES

Tras el estudio estimado de la instalación, el estudio económico realizado y el diseño de una posible distribución de las dos fuentes de origen de la energía, se puede concluir que el uso de una instalación híbrida para el autoabastecimiento energético de una vivienda es una alternativa real y viable, en términos constructivos, económicos, de confort para sus habitantes, y de respeto hacia el medio ambiente.

El Idae concluyó en un estudio que en España, las viviendas podrían alcanzar una autosuficiencia plena solo con el uso de energía solar fotovoltaica.

Cumpliendo toda la normativa vigente y estipulada, la instalación ofrece un buen rendimiento, siendo una gran opción futura en viviendas cuya situación sea más aislada. El estudio deparó que la instalación eléctrica se dispondrá con una inclinación de 62º en el tejado, lo cuál eso sí, es más propio de países del norte de Europa habituados a condiciones extremas por frío y nieve.

Su rentabilidad será palpable en torno a los 20 años de antigüedad, una cifra que si bien no es brillante respecto a instalaciones con mejor dato de rentabilidad, se podría derimir, como un valor medio.

Esa rentabilidad podría mejorar a largo plazo y necesitarse menos precio con el encarecimiento de los precios de la electricidad que se producen cada año.

Los costes de mantenimiento y operación serán mínimos, y no se verán afectados por un posible dimensionamiento extra, ya que la instalación cuenta con un margen de instalación.

El medioambiente no se verá afectado en ningún momento por la instalación, a excepción del inevitable movimiento de las aspas del aerogenerador que pudiera dañar en ocasiones excepcionales algún ave, pero ofrece la gran alternativa de ahorrar emisiones de CO₂ a la atmósfera contribuyendo a una mejor salud ambiental, evitando emisiones y vertidos.

Con el avance tecnológico imparable de las energías renovables con mejoras de rendimientos y reducción de costes, el encarecimiento de la energía eléctrica, y el gran potencial de España en concepto de energía limpia, se ofrece una alternativa muy interesante y válida para el abastecimiento eléctrico de forma económica y siendo respetuoso con el medio ambiente, aprovechando los más de 300 días de iluminación en la ubicación de la instalación.



10. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

Libros:

- [1] Guía energía solar fotovoltaica, 2º Edición Ceysa Editorial Técnica
- [2] Energía solar fotovoltaica, FC Editorial.
- [3] Guía del instalador de energía eólica, Tomás Perales Bonito, creaciones Copyright

Programas de datos eólicos y fotovoltaicos:

-Eólicos.

Windguru.cz
Windfinder.com

(Aquí enlace directo a los datos de la instalación

[http://www.windguru.cz/es/historie.php?getspot=&id_georegion=150&id_zeme=724&id_region=0&mis_spot=43&search=&id_tvpspot\[1\]=1&id_tvpspot\[2\]=2&id_tvpspot\[6\]=6&id_tvpspot\[4\]=4&id_tvpspot\[3\]=3&id_tvpspot\[5\]=5&id_tvpspot\[10\]=10&id_tvpspot\[7\]=7&id_tvpspot\[8\]=8&id_tvpspot\[9\]=9&id_tvpspot\[11\]=11&mis_fav=0&mis_fav_last=43&id_spot=43&odden=1&odmes=1&odrok=2013&doden=31&domes=12&dorok=2014&tj=c&wj=ms&step=3&pwindspeed=1&psmer=1&ptmp=1&pmwindspeed=1&odeslano=1&model=qfs/](http://www.windguru.cz/es/historie.php?getspot=&id_georegion=150&id_zeme=724&id_region=0&mis_spot=43&search=&id_tvpspot[1]=1&id_tvpspot[2]=2&id_tvpspot[6]=6&id_tvpspot[4]=4&id_tvpspot[3]=3&id_tvpspot[5]=5&id_tvpspot[10]=10&id_tvpspot[7]=7&id_tvpspot[8]=8&id_tvpspot[9]=9&id_tvpspot[11]=11&mis_fav=0&mis_fav_last=43&id_spot=43&odden=1&odmes=1&odrok=2013&doden=31&domes=12&dorok=2014&tj=c&wj=ms&step=3&pwindspeed=1&psmer=1&ptmp=1&pmwindspeed=1&odeslano=1&model=qfs/))

-Fotovoltaicos.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>
Programa PVGIS

Normativa:

Idae.es

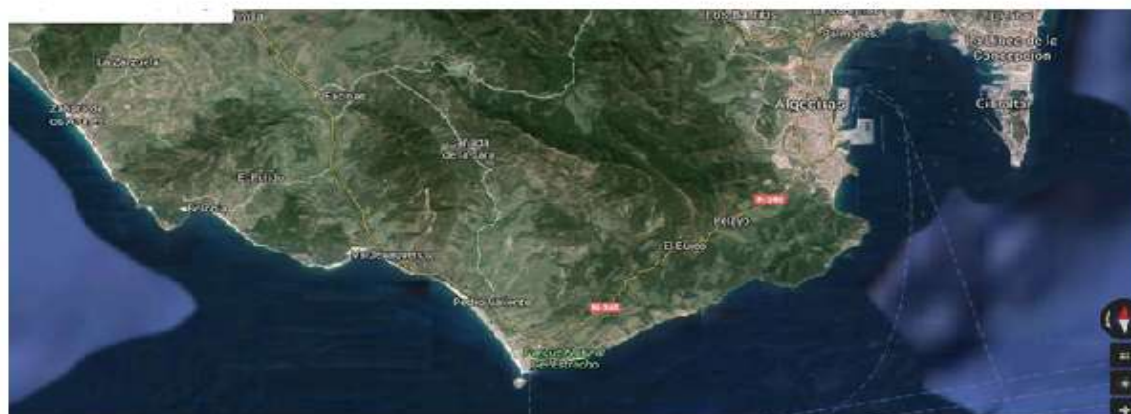
Otras webs:

<http://ingemecanica.com>
http://www.dolzhnos.com.ar/htm/densidad_del_aire.htm
<http://www.generadordegraficos.com/>
www.tutiendasolar.es
<http://www.mpptsolar.com>
<https://autosolar.e>
<http://web.educastur.princast.es>
<http://www.technosun.com>
[teknosolar.com](http://www.teknosolar.com)
www.europarl.europa.eu
www.pv-tech.org
<http://www.convertir-unidades.infotendencias21.net>
laingenieria.com
biomasa.net
www.aeeolica.org




<http://www.convertir-unidades.infotendencias21.net>
laingenieria.com
biomasa.net
www.aeeolica.org
<http://www.gamesacorp.com>
[erenovable.com/historia-**energia**-renovable](http://erenovable.com/historia-energia-renovable)
<http://www.geografiainfinita.com>
<http://energiadoblezero.com>
elpais.com
www.tracesolar.com

<http://e-educativa.catedu.es>
<http://www.burbuja.info>
<http://www.ecoserveis.net>
www.aeeolica.org
<http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-4028-Calculo-produccion-anual-instalacion-fotovoltaica-cubierta.aspx>
motiva.fi
<http://eliseosebastian.com>
<https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/.html>
<http://www.ecoinnova.com.ar>
<http://www.fondear.org>
<http://www.battcompany.com>
<http://www.scielo.cl/> <http://www.cubasolar.cu/>



	Nombre	Fecha		Universidad Carlos III de Madrid
Dibujado				
Escala	Mapa de ubicación			Nº Plano:
				Sustituye a:
				Sustituido por:



	Nombre	Fecha		Universidad Carlos III de Madrid
Dibujado				
Escala	Mapa de ubicación		Nº Plano:	
			Sustituye a:	
			Sustituido por:	

